

Diagnostika elektrických ochran na rozvodně R 110/35 kV Pardubice-Sever

Diagnostics of electrical protections at the substation R
110/35 kV Pardubice-Sever

Jan Novotný

Bakalářská práce

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. Zdeněk Medvec

Ostrava, 2021

Abstrakt

Cílem bakalářské práce je seznámení s problematikou elektrických ochran, s chráněním v elektrizační soustavě a s oblastí diagnostiky ochran na rozvodně R 110/35kV. Úvodní část práce pojednává o popisu chránění, včetně základního rozdělení ochran a rozboru poruch. Poruchy mají negativní vliv na provoz elektrizační soustavy, kdy mohou způsobit vážné škody na technologii. Způsob provozování a možné typy poruch elektrizační soustavy jsou hlavním kritériem pro volbu typu ochran a chránění. V práci uvádím vazbu na rozvodnu R 110/35kV Pardubice - Sever, společnosti ČEZ Distribuce a. s., kde popisuji stávající stav a funkčnost rozvodny včetně chránění rozvodny částí 110 a 35kV. Dále bude uveden popis ovládání rozvodny, řídicího systému a komunikace včetně záznamu poruch. Závěrečná část práce je zaměřena na diagnostiku elektromechanických ochran na rozvodně Pardubice - Sever pro vedení 110kV. Zpracování diagnostiky na distanční ochraně D 115 včetně třífázového relé opětného zapínání OZ 111 X a záložní nadproudové ochraně AT 31 X1 obsahuje vyhodnocení naměřených hodnot.

Klíčová slova

Rozvodna, Chráněný objekt, Distribuční soustava, Diagnostika, Elektrická ochrana, Distanční ochrana, Nadproudová ochrana, Nadproud, Zkrat, Čas působení, Transformátor, Přístrojový transformátor, Vedení, Měření, Komunikace, Řídicí systém

Abstract

The purpose of this bachelor thesis is to get acquainted with the issue of a protection and protection in the electrical system and protection diagnostics of substation R110/35kV. The aim of the introduction is to describe the protection and protection, including the basic division of protections and fault analysis. Faults have a negative effect on the operation of the electrical system, which can cause serious damage to the technology. Faults in the electrical system are the main criteria for choosing the type of protections. In this document I present a link to the substation R 110/35kV Pardubice – North, CEZ Distribuce a.s., where I describe the current state and functionality of the substation, including sections of the protection of 110 and 35kV in the substation. Furthermore, there will be a description of the substation control, control system and communication, including fault recording. The final part of the document is focused on the diagnostics of electromechanical protections at the Pardubice – North substation for 110kV guidance. The processing of diagnostics on the distance protection of D 115, including the three-phase reclosing relay of OZ 111 X and the backup overcurrent protection of AT 31 X1, including the evaluation of measured values.

Keywords

Substation, protected object, distribution system, diagnostics, electrical protection, distance protection, overcurrent protection, overcurrent, short circuit, operated time, transformer, instrument transformer, line, measurement, communication, control system.

Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů.....	5
Seznam ilustrací.....	6
Seznam tabulek	7
1. Úvod	9
2. Teoretický rozbor ochran a jistění.....	10
2.1. Základní pojmy	10
2.1.1. Ochrana	10
2.1.2. Chráněný objekt	11
2.2. Ochrana	11
2.3. Technické parametry ochrany.....	11
2.4. Základní členy ochrany	12
2.4.1. Vstupní člen	12
2.4.2. Měřicí člen	13
2.4.3. Popudový člen	13
2.4.4. Logika ochrany.....	13
2.4.5. Časový člen	13
2.4.6. Napájecí člen	14
2.4.7. Koncový člen.....	14
2.5. Základní požadavky na elektrické ochrany.....	14
2.5.1. Spolehlivost ochran	14
2.5.2. Selektivita ochran	15
2.5.3. Rychlost působení elektrické ochrany.....	15
2.5.4. Citlivost ochran.....	15
2.5.5. Přesnost ochran.....	15
2.5.6. Zálohování ochran	15
2.6. Rozdělení ochran	16
2.6.1. Proudová ochrana	16
2.6.2. Směrová nadproudová ochrana	17
2.6.3. Napěťová ochrana	18
2.6.4. Distanční ochrana	18
2.6.5. Rozdílová ochrana	18

2.6.6	Srovnávací ochrana	19
2.6.7	Frekvenční ochrana	19
2.7	Poruchové stavy	19
3.	Popis stávajícího stavu a funkčnosti rozvodny R 110/35kV Pardubice – Sever	21
3.1	Provoz a ovládání	22
3.2	Signalizace provozních stavů přístrojů	22
3.3	Ochrany	22
3.3.1	Ochrany R110 kV	23
3.3.2	Ochrany R35 kV	23
3.4	Poruchová signalizace	24
3.5	Transformátory.....	25
3.5.1	Transformátory 110/35 kV	25
3.5.2	Transformátory vlastní spotřeby	25
3.6	Zhášecí tlumivky, zemní odporníky	25
3.6.1	Zhášecí tlumivky	25
3.6.2	Zemní odporníky.....	27
4.	Diagnostika elektrických ochran.....	28
4.1	Zkoušení ochran	28
4.1.1	Funkční zkoušky.....	28
4.1.2	Sekundární zkoušky a měření charakteristik ochran.....	28
4.1.3	Zařízení pro zkoušení ochran za provozu	29
4.2	Teoretický rozbor ochran	29
4.3	Diagnostika ochran na rozvodně R110/35kV	31
4.3.1	Diagnostika distanční ochrany D 115	31
4.3.2	Diagnostika relé opětného zapínání OZ 111 X	38
4.4	Vyhodnocení měření	42
5.	Závěr	43
6.	Literatura	44
7.	Seznam příloh	45

Seznam použitých zkratk a symbolů

Δx	rozlišovací schopnost
Δi	rozdílový proud
$b(t)$	logický signál
DŘS	dálkový řídicí systém
F	algoritmus ochrany
h_o	charakteristika ochrany
I_o	netočivá složka proudu
I_r	proud odpadnutí ochrany
I_r	proud rozběhnutí ochrany
k_p	přídržný poměr
$m(t)$	měřící člen
OZ	opětné zapnutí
PPN (ZRP)	práce pod napětím (zvláštní režim provozu)
$v(t)$	vektor působící na chráněný objekt
P_d	dovolený prostor
P_z	zakázaný stav
ŘS	řídicí systém
U_o	netočivá složka napětí
v_n	vysoké napětí
v_{vn}	velmi vysoké napětí
x	nastavení citlivosti ochrany
x_a	rozsah nařiditelnosti ochrany
x_b	skutečná citlivost ochrany
$x(t)$	stav objektu
$y(t)$	výstup chráněného objektu
δ	přesnost ochrany v %

Seznam ilustrací

Obrázek 1 - Schéma připojení a její vzájemná vazba na chráněný objekt [1]	10
Obrázek 2 - Schéma uzavřené smyčky chránění [1]	11
Obrázek 3 - Charakteristiky nadproudových ochran [3]	17
Obrázek 4 - Chránění vedení pomocí distanční ochrany [1]	18
Obrázek 5 - Stavový prostor chráněného objektu [3]	19
Obrázek 6 - Parametry vedení	32
Obrázek 7 - Impedance zón (nastavení protokolu v softwaru měření pro výpočet charakteristiky)....	32
Obrázek 8 - Schéma zapojení pro testování charakteristik distanční ochrany	33
Obrázek 9 - Činnost automatiky opětovného zapínání ve spolupráci s distanční ochranou D 115	39
Obrázek 10 - Schéma zapojení pro testování charakteristik záložní nadproudové ochrany	40

Seznam tabulek

Tabulka 1- Základní rozdělení ochran [3]	16
Tabulka 2 - Rozvodna 110 kV - základní technické údaje	21
Tabulka 3 - Rozvodna 35 kV - základní technické údaje	21
Tabulka 4 - Ochrany rozvodny R110 kV	23
Tabulka 5 - Ochrany rozvodny R35 kV	23
Tabulka 6 - Technická specifikace transformátoru T101	25
Tabulka 7 - Technická specifikace transformátoru T102	25
Tabulka 8 - Technická specifikace tlumivky TL31	26
Tabulka 9 - Technická specifikace tlumivky TL32	26
Tabulka 10 - Technická specifikace tlumivky TL33	26
Tabulka 11 - Technická specifikace odporníků R31, R32	27
Tabulka 12 - Vyhledávací test Z1, Z2, Z3: Typ selhání L1-E	33
Tabulka 13 - Vyhledávací test Z1, Z2, Z3: Typ selhání L2-E	34
Tabulka 14 - Vyhledávací test Z1, Z2, Z3: Typ selhání L3-E	34
Tabulka 15 - Vyhledávací test Z1, Z2, Z3: Typ selhání L1-L2	34
Tabulka 16 - Vyhledávací test Z1, Z2, Z3: Typ selhání L2-L3	34
Tabulka 17 - Vyhledávací test Z1, Z2, Z3: Typ selhání L3-L1	34
Tabulka 18 - Vyhledávací test Z1, Z2, Z3: Typ selhání L1-L2-L3	34
Tabulka 19 - Vyhledávací test Zoz: Typ selhání L1-E	35
Tabulka 20 - Vyhledávací test Zoz: Typ selhání L2-E	35
Tabulka 21 - Vyhledávací test Zoz: Typ selhání L3-E	35
Tabulka 22 - Vyhledávací test Zoz: Typ selhání L1-L2	35
Tabulka 23 - Vyhledávací test Zoz: Typ selhání L2-L3	35
Tabulka 24 - Vyhledávací test Zoz: Typ selhání L3-L1	35
Tabulka 25 - Vyhledávací test Zoz: Typ selhání L1-L2-L3	35
Tabulka 26 - Vyhledávací test ZM: Typ selhání L1-L2	35
Tabulka 27 - Vyhledávací test ZM: Typ selhání L2-L3	36
Tabulka 28 - Vyhledávací test ZM: Typ selhání L3-L1	36
Tabulka 29 - Vyhledávací test ZM: Typ selhání L1-L2	36
Tabulka 30 - Vyhledávací test ZM: Typ selhání L2-L3	36
Tabulka 31 - Vyhledávací test ZM: Typ selhání L3-L1	36
Tabulka 32 - Výsledky vyhodnocení ZMR (U=0V)	36
Tabulka 33 - Výsledky vyhodnocení ZMS (U=0V)	36
Tabulka 34 - Výsledky vyhodnocení ZMT (U=0V)	36
Tabulka 35 - Výsledky vyhodnocení ZMR (U=100V)	37
Tabulka 36 - Výsledky vyhodnocení ZMS (U=100V)	37
Tabulka 37 - Výsledky vyhodnocení ZMT (U=100V)	37
Tabulka 38 - Výsledky vyhodnocení směrového článku	37
Tabulka 39 - Výsledky vyhodnocení nadproudového článku A0	37
Tabulka 40 - Výsledky vyhodnocení závora proti kývání	38
Tabulka 41 - Výsledky vyhodnocení tk	38

Tabulka 42 - Výsledky vyhodnocení tr_3	38
Tabulka 43 - Vyhodnocení času 1pól OZ - L1-N	39
Tabulka 44 - Vyhodnocení času 1pól OZ - L2-N	39
Tabulka 45 - Vyhodnocení času 1pól OZ - L3-N	39
Tabulka 46 - Výsledky vyhodnocení L1-N	41
Tabulka 47 - Výsledky vyhodnocení L2-N	41
Tabulka 48 - Výsledky vyhodnocení L3-N	41

1. Úvod

Elektrická zařízení určena pro výrobu, přenos a rozvod elektrické energie jsou součástí elektrizační soustavy a tvoří nákladné investice a s tím požadavky na bezpečný provoz a spolehlivost dodávky elektrické energie. Úlohu pro zajištění bezpečného provozu a minimalizování rozsahu neplánované nedodávky elektrické energie vlivem poruchových stavů plní elektrické ochrany a chránění. Elektrická ochrana je zařízení, které pracuje na principu zpracování informací chráněného objektu a vyhodnocuje, zda se jedná o poruchový stav.

Bakalářská práce se zabývá základní teorií elektrických ochran, požadavky na elektrické ochrany, rozdělení ochran a jejich funkcí. V bakalářské práci se také seznámíme s nejčastějšími poruchami, které mohou nastat v provozu elektrických zařízení. Dále zde nalezneme kapitulu o provozu a zkoušení ochran.

Druhá část práce popisuje elektromechanické ochrany a chránění na transformovně R 110/35kV Pardubice - Sever. Stávající technologie slouží od roku 1991 slouží k transformaci napětí z hladiny 110kV na 35kV a napájení distribuční sítě 35kV v okolních oblastech. Transformovna je je koncipována jako samoobslužná a jednotlivá zařízení ovládá dispečer dálkově prostřednictvím centrálního řídicího systému. V práci jsou také popsány základní pojmy z technologického zařízení rozvodny.

Praktická část se zaměřuje na diagnostiku elektromechanických ochran 110kV vedení na rozvodně Pardubice – Sever R110/35kV. Popisuje vlastnosti a funkce elektromechanických ochran vedení VVN, distanční ochranu D 115, relé opětného zapínání OZ33X a záložní nadproudovou ochranu AT31X1.

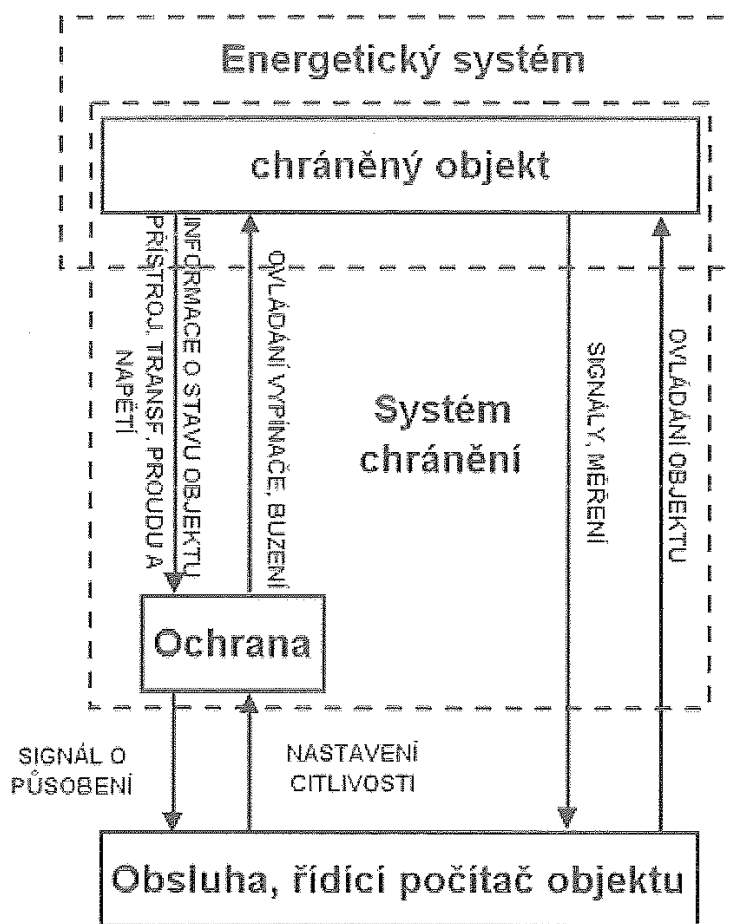
Testování ochran bude provedeno pomocí přístroje Omicron CMC356, který zvýšeným výkonem analogových výstupů umožňuje ověření funkce elektromechanických ochran.

2. Teoretický rozbor ochran a jištění

2.1. Základní pojmy

2.1.1. Ochrana

Ochrana je zařízení, kontrolující provoz konkrétní části energetického systému přes přístrojové transformátory proudu a napětí, čidla nebo převodníky a získává tak informaci o jednotlivých veličinách chráněného objektu. Na základě informace o chráněném objektu a nastavených parametrů musí vyhodnotit, zda se jedná o normální provozní stav nebo poruchový stav a zajistit tím tak bezpečný a spolehlivý provoz. Schéma připojení ochrany a její vzájemná vazba na chráněný objekt je na obr. 2.1. Ochrana zpracovává informace o proudu a napětí objektu a vyhodnotí, zda je chráněný objekt v normálním provozu nebo poruchovém stavu. V případě poruchového stavu objektu působí ochrana a dochází k vypnutí. Ochrana podává signál o působení ochrany do řídicího počítače objektu. [1]



Obrázek 1 - Schéma připojení a její vzájemná vazba na chráněný objekt [1]

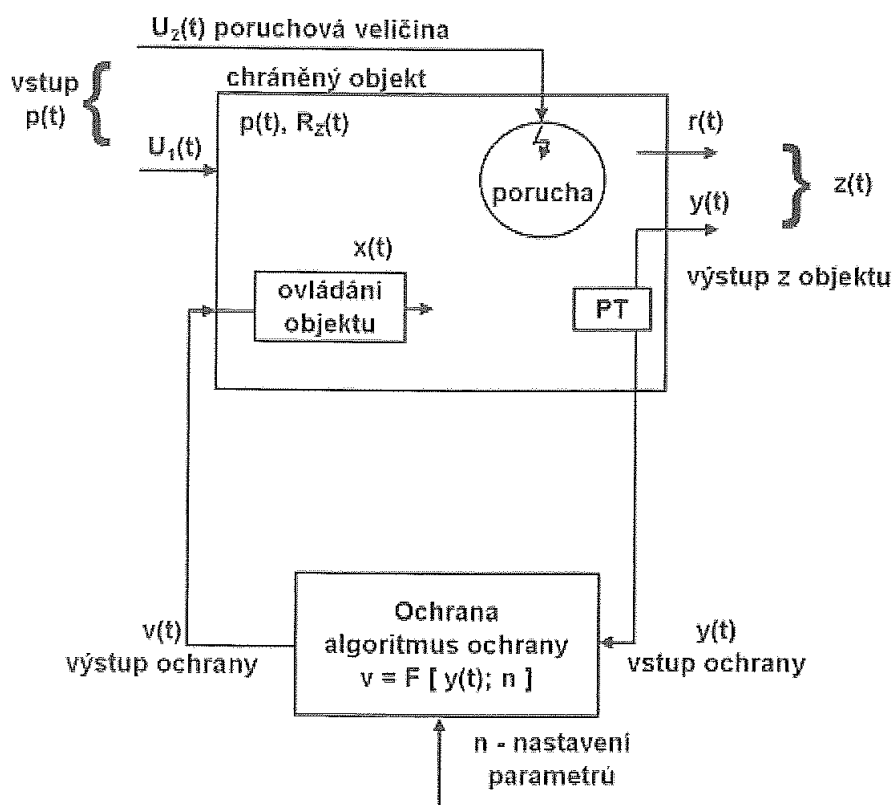
2.1.2. Chráněný objekt

Chráněný objekt je fyzikální zařízení přenášející energii v rámci svého okolí (vedení, transformátor, motor, generátor apod.), ale i energetický systém jako soubor zařízení. Současné chování chráněného objektu charakterizuje stavová veličina, která je veličinou fyzikální (proud, napětí, okamžitý výkon, okamžitý kmitočet). Ochrana zajišťuje, aby chráněný objekt nepřekročil meze normálního provozního stavu.

Porucha je fyzikální změna objektu, která způsobí překročení meze normálního provozního stavu. Výstupní poruchové veličiny objektu, které způsobují poruchy, jsou řádově několikanásobné. Z tohoto důvodu připojujeme ochrany přes přístrojové transformátory proudu, napětí nebo převodníky. [1]

2.2. Ochrana

Připojením přes přístrojové transformátory je do ochrany přiveden výstup chráněného objektu $y(t)$ obr. 2.2, ze kterého ochrana vyhodnocuje stav objektu $x(t)$ a určuje vektor $v(t)$ který působí na chráněný objekt. [1]



Obrázek 2 - Schéma uzavřené smyčky chránění [1]

2.3. Technické parametry ochrany

Vstup ochrany $y(t)$ určuje vznik poruch v porovnání vstupních a nastavených hodnot.

Výstup ochrany $v(t)$ je soubor veličin působících na chráněný objekt.

Algoritmus ochrany F je soubor vztahů mezi vstupem a výstupem ochrany. Určuje působení ochrany na chráněný objekt na základě informace o objektu $y(t)$.

$$v(t) = F[y(t), n]$$

Citlivost je velikost měřené veličiny prvku chráněného objektu $y(t)$, na kterou je ochrana nastavena a působí.

Nařiditelnost je rozsah hodnot měřené nebo stavové veličiny, na které je možné nastavit citlivost ochrany.

Rozlišovací schopnost je schopnost rozeznání dvou blízkých stavů chráněného objektu, které se liší rozdílným Δx , kdy je jeden stav poruchový a druhý bez poruchy. Rozlišovací schopností ochrany nazýváme minimální velikost Δx , kterou ochrana rozliší.

Přídržný poměr je poměr velikosti stavové veličiny při odpadu ochrany k náběžné hodnotě ochrany. Přídržný poměr ochrany musí splnit podmínku < 1 .

Doba působení ochrany je čas působení ochrany mezi vznikem poruchy a signálem ochrany na výstupu $v(t)$.

Přetížitelnost ochrany je maximální hodnota měřené veličiny na vstupu ochrany $y(t)$, která za definovanou dobu nezpůsobí poškození a neohroží životnost ochrany.

Spotřeba ochrany je potřebný příkon k provozu ochrany. Uvádí se odděleně pro vstupy ochrany a pro pomocné napájecí obvody ochrany.

Primární ochrana je ochrana pracující bez přístrojových transformátorů, proud a napětí jsou přivedeny přímo z objektu.

Sekundární ochrana je připojena pomocí přístrojových transformátorů proud a napětí k objektu.

Prvek je základní díl ochrany (transformátor, tranzistor, relé apod.).

Člen ochrany je soubor prvků ochrany tvořící funkční celek (vstupní člen, popudový člen apod.)

Blokování ochrany znamená, že činnost ochrany je podmíněná funkcí jiného přístroje.

Základní ochrana je hlavní ochrana, určena pro závažné nahodilé poruchy, které by mohly ohrozit chráněný objekt.

Záložní ochrana nahrazuje základní ochranu v případě jejího nepůsobení, kdy doba působení záložní ochrany je ve zpožděném čase než doba působení základní ochrany.[3]

2.4. Základní členy ochrany

Ochrana se skládá z několika základních členů (druh a počet členů závisí na typu ochrany).

2.4.1. Vstupní člen

Vstupní signál y převádí na zpracovatelný tvar a úroveň. Zajišťuje ze vstupu ochrany $y(t)$ stav objektu $x(t)$ a chrání vnitřní obvody ochrany proti rušení a chybným signálům. Jmenovité vstupní

hodnoty pro ochrany jsou 100V, 5A nebo 1A a jsou přivedeny z přístrojových transformátorů proudů a napětí na svorky ochrany. Vstupní členy ochrany je převádí pomocí bočníků, děličů a transformátorů na vstupní veličiny pro měřicí členy, které pracují na úrovni voltů a miliampérů. Transformátor galvanicky odděluje vnitřní obvody ochrany. [3]

2.4.2. Měřicí člen

Na vstup měřicího členu je přiveden stav chráněného objektu $x(t)$. Měřicí člen vymezuje hranici charakteristiky mezi normálním provozním a poruchovým stavem. Má zásadní vliv na selektivitu, citlivost a naříditelnost ochrany. Vlastnost ochrany je tedy dána měřicím členem a algoritmem ochrany. Oblast působení ochrany odpovídá použitému měřicímu členu. Měřicí členy odvozujeme ze střídavých veličin jako amplitudové a fázové: [3]

Amplitudové

- nezávislý měřicí člen
- závislý měřicí člen
- rozdílový měřicí člen
- součtový měřicí člen
- amplitudový komparátor

Fázové

- fázový komparátor

2.4.3. Popudový člen

Popudový (rozběhový) člen v případě vzniku poruchového stavu podává informaci logice ochrany a měřicímu členu. Pro zabezpečení spolehlivé činnosti ochrany musí popudový člen dosahovat co nejvyšší citlivosti. Popudový člen rozbíhá logiku a měřicí člen, které rozhodují, zda porucha patří do oblasti působení ochrany. Na vstup popudového členu je přiveden stav objektu $x(t)$. Popudový člen může sledovat více veličin chráněného objektu a zároveň mít různé charakteristiky chránění. [3]

2.4.4. Logika ochrany

Logika ochrany zpracovává logický signál $b(t)$ z popudového členu a signálu z měřicího členu $m(t)$ a určuje působení koncového členu. Vstupy a výstupy logiky jsou tvořeny základními logickými funkcemi součtu, součinu a negace, které jsou realizovány pomocí členů: [3]

- klasická pomocná relé
- jazýčková relé
- diody
- tranzistory
- integrované obvody
- technické vybavení a softwarová podpora u digitálních ochran

2.4.5. Časový člen

Časový člen prodlužuje dobu působení ochrany. Signál z logiky ochrany je vstup časového členu.

Prodloužení doby působení ochrany se používá z důvodů: [3]

Zajištění selektivity

- Zpoždění ochrany umožňuje působení jiné ochrany, která je blíže k poruše. Obdobně záložní ochrana může být nastavena na větší zpoždění než základní ochrana.

Využití možné akumulace energie v chráněném objektu

- Zpožděním ochrany může nastat dovolené přetížení, pokud nedojde k ohrožení chráněného objektu.

Vyloučení chybného působení ochrany

- Vylučuje chybné působení ochrany při přechodných poruchových jevech v krátkém trvání.

2.4.6. Napájecí člen

Napájecí člen napájí obvody potřebné pro správnou činnost ochrany, které mohou být zajištěny následujícími způsoby: [3]

Ochrany bez napájení

- Ochrany, které nepotřebují pomocné napětí

Přímé napájení ze staniční akumulátorové baterie

- Jedná se o nejběžnější způsob napájení ochrany. Akumulátorová baterie je spolehlivá, ale vyžaduje náročnou údržbu.

Napájení ze střídavé sítě

- Menší spolehlivost než napájení ze staniční akumulátorové baterie, kdy může častěji nastat výpadek.

Napájení přes stabilizátor

- Využití pro tranzistorové a číslicové ochrany, které vyžadují vyšší stabilizace a filtrace napájecího napětí.

Akumulátor umístěný v ochraně

- Využití pro napájení tranzistorových ochrany kde se uplatňuje chránění proti rušení lze použít pro ideální oddělení napájecích obvodů. Akumulátor je dobíjen přes filtry.

Galvanické oddělení soustavou střídač-usměrňovač

- Zajištění elektronických ochrany proti rušení. Napětí ze staniční akumulátorové baterie je přivedeno do střídače, galvanické oddělení obvodu transformátorem a na konci usměrňovač se stabilizátorem.

Napájení z přístrojových transformátorů

- Není použita staniční baterie. V případě poruchy klesá napětí chráněného objektu a zvýší se proud. Z tohoto důvodu je vhodnější přístrojový transformátor proudu.

2.4.7. Koncový člen

Koncový člen ochrany je elektromagnetické relé s výkonovými kontakty. Na vstup relé přichází signál $v(t)$ z logiky ochrany. Koncový člen upravuje signál logiky $v(t)$ k předání ovládacím zařízením chráněného objektu, signál musí mít vysokou úroveň a odolnost proti rušení. Výstupní kontakty koncového členu musí mít velkou proudovou zatížitelnost. [3]

2.5 Základní požadavky na elektrické ochrany

Při návrhu elektrických ochrany je nutné znát působení vnější a vnitřních vlivů, kdy může dojít ke vzniku poruchy a stanovit tím požadavky na chránění. Vhodnost použití ochrany pro daný objekt hodnotíme podle splnění jednotlivých požadavků. Požadavky záleží na druhu chráněného objektu, způsobu provozu a okolní soustavě.

2.5.1 Spolehlivost ochrany

Spolehlivost ochrany je schopnost vykonávat požadovanou funkci podle algoritmu ochrany ve stanoveném čase při zachování parametrů ochrany. Ochrana nesmí při poruchovém stavu nepůsobit a naopak, nesmí samovolně působit, pokud nejde o poruchový stav. [3]

2.5.2 Selektivita ochran

Selektivita je schopnost elektrické ochrany vypnutí co nejmenšího úseku elektrizační soustavy zasažené poruchou a zároveň zůstal co největší úsek nezasazené soustavy v provozu. Podmínka pro zajištění selektivity může být jedna z metod: [3]

Časovým odstupňováním vypínacích časů

- Elektrická ochrana nejbližší k místu vzniku poruchy působí v nejkratším čase, ochrany ve směru napájení působí s časovým odstupem vypínacích časů.

Nastavení úrovně charakteristické veličiny

- Různé nastavení hodnot charakteristických veličin

Zpracováním více veličin současně

Zpracováním informací z více míst

Kombinací více způsobů výše uvedených

2.5.3 Rychlost působení elektrické ochrany

Rychlost působení ochrany je čas od vzniku poruchového stavu do vypnutí vypínače a je dána druhem poruchy. Nejrychlejší vypnutí požadujeme při zkratu, kdy tepelné a dynamické účinky mohou způsobit poškození zařízení. Rychle vypnutí zajišťuje také vyšší stabilitu a omezuje chod spotřebičů při sníženém napětí v neporušených částech soustavy. [3]

2.5.4 Citlivost ochran

Citlivost ochran je hodnota stavové veličiny, na kterou je ochrana nastavena a podle které určuje poruchu. Pro zaručení bezpečnosti v provozu je nastavená hodnota stavové veličiny nižší než hodnota poruchové veličiny. [3]

2.5.5 Přesnost ochran

Přesnost ochrany je poměrná chyba citlivosti ochrany: [3]

$$\delta = \left| \frac{x - x_b}{x_a} \right| \cdot 100 [\%]$$

δ přesnost ochrany v %

x nastavení citlivosti ochrany

x_b skutečná citlivost ochrany

x_a rozsah nařiditelnosti ochrany

2.5.6 Zálohování ochran

Zálohování ochran je požadavek pro chránění nejdůležitějších částí elektrizační soustavy, kdy je nutné použít dvě ochrany. V případě poruchového stavu, kdy může nastat selhání hlavní ochrany, zajistí vypnutí záložní ochrana. Zálohování ochran je buď místní (druhá ochrana je instalovaná ve stejném místě) nebo vzdálené (ochrana plní funkci záložního chránění v jiném místě elektrizační soustavy).

2.6 Rozdělení ochran

Tabulka 1- Základní rozdělení ochran [3]

Podle chráněného objektu	Generátoru
	Motoru
	Transformátoru
	Přípojnic
	Vedení
	Speciální
Podle druhu zkratové poruchy	Zkratové
	Proti přetížení
	Podpětové
	Přepětové
	Podfrekvenční
	Nadfrekvenční
	Při zemním spojení
	Při zpětném toku výkonu
	Při ztrátě buzení
	Při nesouměrnosti
Podle doby působení	Mžikové
	Časově závislé
	Časově nezávislé
Podle konstrukce	Elektromechanické ochrany
	Tranzistorové ochrany
	Číslicové digitální ochrany
Podle funkčního principu a měřené veličiny	Proudová
	Napětová
	Distanční
	Rozdílová
	Srovnávací
	Wattová
	Jalová
	Frekvenční
	Ochrana při nesouměrnosti
Podle funkce	Hlavní ochrana
	Záložní ochrana
Podle připojení k chráněnému objektu	Primární ochrana
	Sekundární ochrana

2.6.1 Proudová ochrana

Proudová ochrana měří velikost proudu. Působí na překročení nastavené hodnoty rozběhového proudu na ochraně. Překročení rozběhového proudu nastane vlivem zkratu nebo přetížení v chráněné části. Proudové ochrany se využívají jako záložní ochrany nebo u méně

důležitých zařízení, kdy jejich funkce nedosahují selektivity jako funkce distančních a rozdílových ochran. [3]

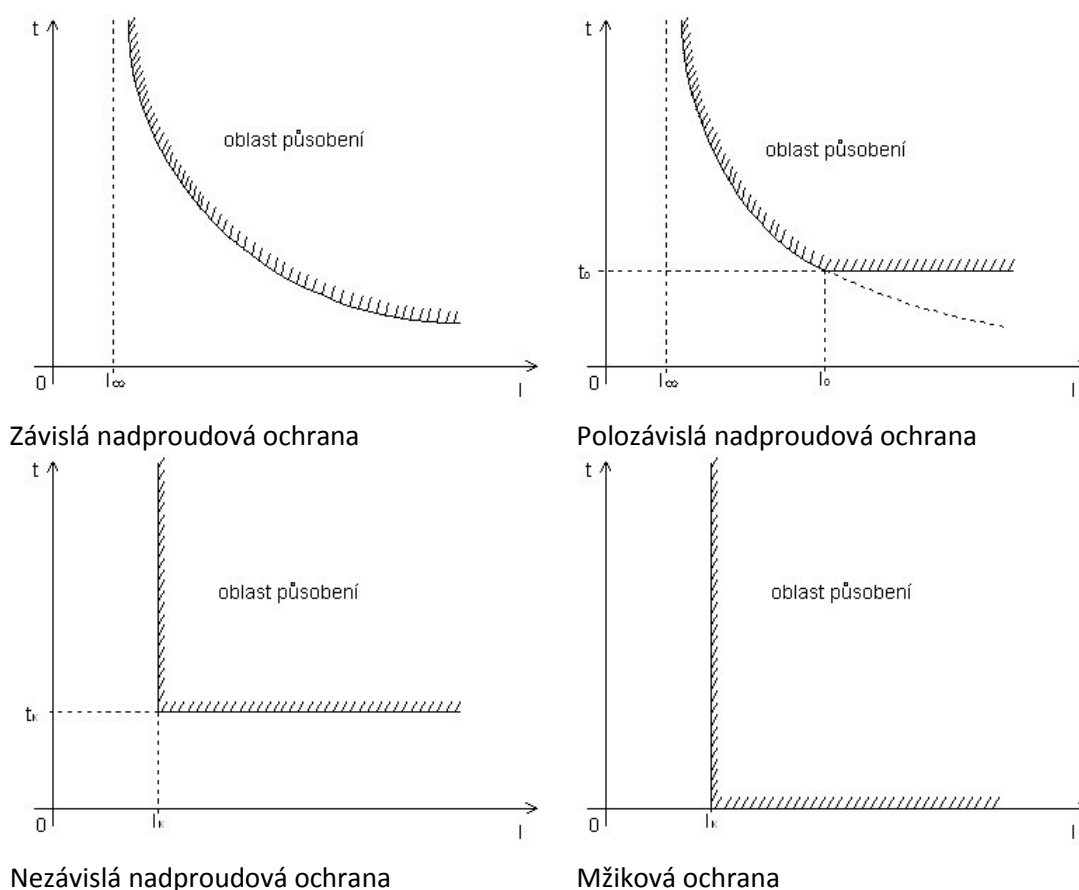
Nadproudové ochrany rozeznáváme podle časové závislosti vypnutí Obr. 2.3: [3]

Závislá nadproudová ochrana - vypínací čas je závislý na velikosti protékajícího proudu.

Polozávislá nadproudová ochrana - vypínací čas je závislý do velikosti protékajícího proudu I_0 , vyšší proud má konstantní dobu působení.

Nezávislá nadproudová ochrana - doba působení není závislá na velikosti proudu a je pevně nastavena.

Mžiková ochrana - působí okamžitě po vzniku poruchy, její rychlost je omezena na základní čas ochrany.



Obrázek 3 - Charakteristiky nadproudových ochran [3]

2.6.2 Směrová nadproudová ochrana

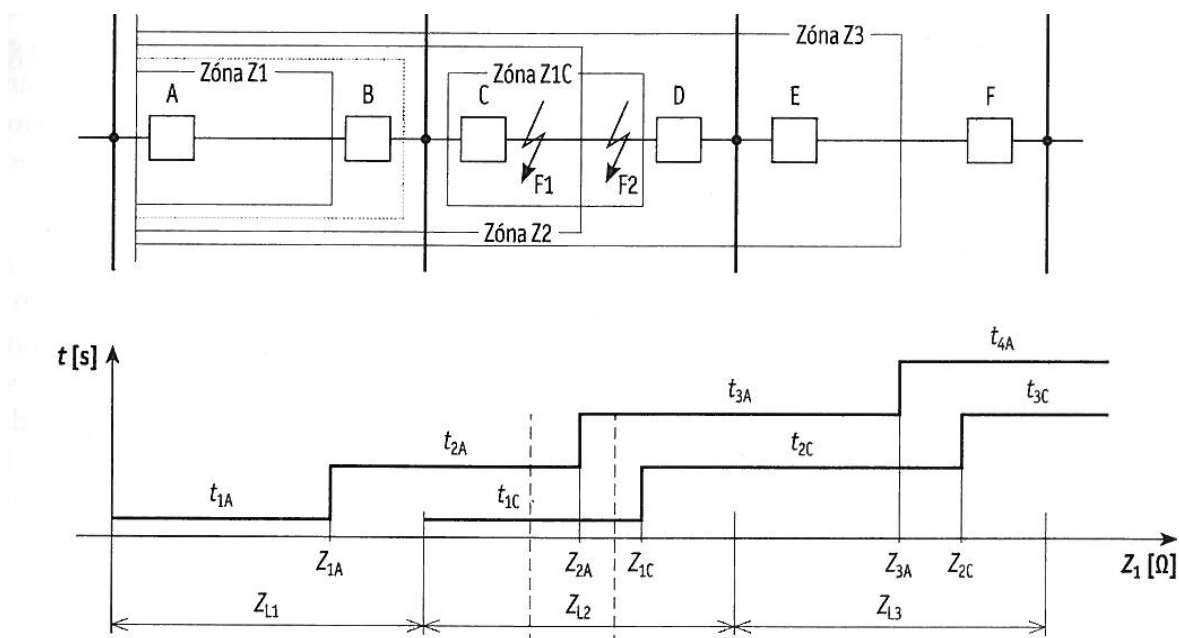
Směrová nadproudová ochrana je ochrana vybavena směrovým členem s přímou charakteristikou a působí v definovaném směru zkratového proudu. V sítích oboustranně napájených a jednostranně napájených paralelních vedení, využíváme směrové nadproudové ochrany s nastavením směrové citlivosti, pro zachování selektivního vypínání. V případě použití nesměrové nadproudové ochrany dochází k vypnutí obou větví a neselektivnímu vypínání nezasažené části sítě. Směrové nadproudové ochrany určují fázový posuv mezi zkratovým proudem a napětím pomocí napěťových a proudových vstupů. [3]

2.6.3 Napěťová ochrana

Napěťové ochrany rozdělujeme na podpěťové a přepěťové, které působí při poklesu a zvýšení měřeného napětí. Napěťové ochrany mají obdobnou charakteristiku a konstrukci jako nadproudové ochrany. Měřicí členy napěťových ochran mají maximální vstupní impedanci (vnitřní odpor) pro měření napětí. [3]

2.6.4 Distanční ochrana

Distanční ochrana měří velikost napětí a proudu v místě připojení ochrany a vyhodnocují impedanci zkratové smyčky. Ochrana vymezuje úsek impedance v délce vedení, kde působí při poklesu impedance pod nastavenou hodnotu a určuje impedanční vzdálenost a směr polohy zkratu. Měřicí člen je základním prvkem distanční ochrany, vymezuje tvar a polohu charakteristiky. Stupňovitá charakteristika distanční ochrany umožňuje v první zóně rychlé působení, které dosahuje do 90% délky vedení. Distanční ochrany mohou v dalších zónách sloužit jako zálohování ochran pro sousední úseky při selhání vypínače nebo ochran. [3]



Obrázek 4 - Chránění vedení pomocí distanční ochrany [1]

2.6.5 Rozdílová ochrana

Rozdílová ochrany vyhodnocuje poruchový stav z rozdílu průchozích proudů na vstupu a výstupu objektu. V normálním provozním stavu platí: [3]

$$\Delta i = \left| \sum_{j=1}^n i_j \right| = 0$$

Δi je rozdílový proud. Platí I. Kirchhoffův zákon kde rozdílový proud je dán součtem všech proudů vstupů a výstupu objektu. V případě poruchového stavu platí: [3]

$$\Delta i = \left| \sum_{i=1}^n i_j \right| > 0$$

Při zvýšení hodnoty rozdílového proudu $\Delta i > 0$ nad nastavenou hodnotu ochrana působí.

Rozdílové ochrany rozdělujeme na podélné a příčné.

- Příčná rozdílová ochrana porovnává proudy na vstupu dvou objektů.
- Podélná rozdílová ochrana porovnává proudy na začátku a konci objektu.

2.6.6 Srovnávací ochrana

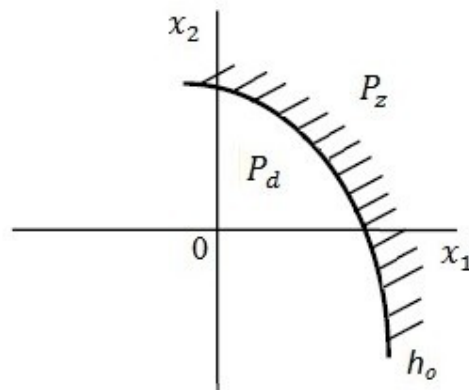
Srovnávací ochrana porovnává fázový úhel proudu na vstupu a výstupu objektu. V normálním provozním stavu nebo vnějším zkratu, má shodný fázový úhel proudu. V případě vnitřního zkratu dochází k otočení směru proudu a působení ochrany. [3]

2.6.7 Frekvenční ochrana

Frekvenční ochrany se používají ke sledování frekvence sítě přes sdružené i fázové napětí jako podfrekvenční nebo nadfrekvenční působí při změnách frekvence. Pokles frekvence v síti nejčastěji znamená vyšší odběr činného výkonu nebo neseřížená regulace otáček turbín. Podfrekvenční ochrany mají využití k odpojování zátěží při přetížení sítě. Nadfrekvence v síti je způsobena poruchou regulace výkonu. [3]

2.7 Poruchové stavy

Porucha je stav, který je nebezpečný pro chráněný objekt. Stavový prostor objektu tvoří množina stavů. Rozlišujeme stavy, které odpovídají normálnímu provoznímu stavu a stavy které odpovídají poruchám. Dovolенý prostor P_d odpovídající normálnímu provoznímu stavu a prostor, zakázaných stavů P_z odpovídající poruše chráněného objektu. Charakteristiku ochrany tvoří množina h_o , která určuje hranici dovoleného a zakázaného prostoru Obr. 5 [3]



Obrázek 5 - Stavový prostor chráněného objektu [3]

V provozu elektrických zařízení jsou nebezpečné tyto stavy:

Zkrat

Zkrat je vzájemné spojení různých fází v daném místě, případně spojení fáze s uzlem. Zkrat způsobuje elektrické, tepelné a mechanické poškození elektrických zařízení vlivem působení dynamických sil při zkratu. Rozsah poškození zařízení závisí na velikosti zkratového proudu a době trvání poruchy. Zkrat může být nejčastěji způsoben vlivem stárnutí nebo poškození izolace, povětrnostními podmínky, mechanickým poškozením a špatnou manipulací. [3]

Nejčastější druhy zkratů:

- Trojfázový zkrat
- Trojfázový zemní zkrat
- Dvufázový zkrat

- Dvofázový zemní zkrat
- Jednofázový zkrat

Přetížení

Přetížení nastává při průchodu příliš velké energie zařízením, které způsobuje tepelné i mechanické poškození a urychluje stárnutí izolace. Přetížení má nejčastěji za následek přehřátí objektu nebo části nad dovolenou mez. Rozsah poškození zařízení závisí na velikosti teploty nebo době trvání přetížení. [3]

Přepětí

Přepětí nastává při zvýšení hodnoty napětí na dovolenou mez, způsobuje poškození izolace a zvyšuje nebezpečí vzniku zkratu. Vznik přepětí může být poruchou regulace napětí, kapacitní zátěží nebo překompenzováním. [3]

Podpětí

Podpětí vzniká následkem proudového přetěžování, při odběru konstantního výkonu. Vznik podpětí má za následek nedostatečná kompenzace, přetížení nebo porucha regulace napětí. [3]

Snížení frekvence

Snížení frekvence vzniká nedostatkem činného výkonu. Důsledkem snížení frekvence je zvýšení magnetizačních proudů, ztrát a oteplení. Při nedostatečném výkonu je nutné snižovat spotřebu elektrické energie. [3]

Zvýšení frekvence

Zvýšení frekvence nastává při poruše regulace výkonu, působí mechanicky na zařízení a připojené stroje. [3]

Nesymetrie proudu

Nesymetrie proudu vzniká přerušením vodičů nebo nesouměrností zátěže. Pro synchronní a asynchronní točivé stroje je nesymetrie proudu nebezpečná, kdy zpětná složka proudu vytváří magnetické pole, které se otáčí v opačném smyslu dvojnásobnou úhlovou rychlostí proti rotoru. Vznikají vířivé ztráty a dochází k nebezpečnému zahřívání rotoru. [3]

Nesymetrie napětí

Nesymetrie napětí je následkem nesouměrnosti proudu. [3]

Zemní spojení

Zemní spojení je galvanické spojení fáze se zemí, v sítích s izolovaným nebo kompenzovaným uzlem. Zemní spojení je nebezpečné pro velkou pravděpodobnost následného zkratu a způsobuje krokové a dotykové napětí v místě zemního spojení. [3]

Zpětný tok výkonu

Zpětný tok výkonu je nebezpečný pro točivé stroje a může způsobit poškození pro připojené mechanické stroje. Zpětný tok výkonu vzniká chybnou regulací výkonu a špatnou energetickou bilancí sítě. [3]

Kývání v síti

Při poruchovém stavu dochází k rychlé, skokové změně impedance. Kývání v síti nastává pomalou změnou impedance způsobenou setrvačností rotorů generátorů. V případě stabilního kývání je závorou proti kývání vypnutí od působení distanční ochrany blokováno. V případě ztráty synchronismu musí distanční ochrana působit. [3]

3. Popis stávajícího stavu a funkčnosti rozvodny R 110/35kV Pardubice – Sever

Rozvodna je umístěna na severním okraji města Pardubice. Je využívána pro napájení distribuční sítě 35 kV přilehlého území a kabelové sítě 35 kV Pardubice. Rozvodna je řízena dispečerem pro oblast Východ. Níže bude blíže rozepsáno provozování, obsluha a údržba rozvodny Pardubice Sever.

Rozvodna R110 kV je venkovní rozvodna, která je dvouřadového typu H s podélným dělením hlavní přípojnice dvěma odpojovači na W11 a W12. V rozvodně 110kV jsou vyzbrojena dvě pole vývodů a dvě pole pro transformátory s další možnou rezervou pro případné moduly rozvodny. Celkově má rozvodna pět polí, z toho dvě pole jako vrchní vedení, dvě pole pro transformátory a poslední pole pro podélné dělení hlavní přípojnice.

Rozvodna R35 kV je také venkovní rozvodna typu dvouřadového s dělenou hlavní přípojnici a pomocnou přípojnici. Hlavní přípojnice se dělí na úseky W11, W12, W13 a pomocná přípojnice je rozdělena na úseky W51 a W52. Podélný odpojovač Q13, který dělí přípojnici na úsek W12 a W13, slouží pro možné revize a opravy odpojovačů Q12 v poli AHA 15 (T102) nebo AHA 16 (spínač přípojnice W11 - W13). Odpojovač Q13 je v normálním provozu rozvodny trvale zapnut, ovšem uzamčený je jeho ruční pohon. Kabelové vývody jsou určeny pro město a ostatní vývody jsou venkovní vedení.

Technické parametry rozvodny

Tabulka 2 - Rozvodna 110 kV - základní technické údaje

Nejvyšší provozní napětí		123	kV
Jmenovité napětí		110	kV
Jmenovitý kmitočet		50	Hz
Jmenovitý proud	přípojnice	1600	A
	odbočky	800	A
Zkratová odolnost tepelná	lt _{th} / 2 sec	25	kA
Zkratová odolnost dynamická	l _{km}	63	kA
Největší vypočtený zkratový proud		7,7	kA
Ovládací napětí		110	V DC
Signalizační napětí	ovládací skříň	110	V DC
	signalizace do ŘS	24	V DC
Pohon odpojovačů	tlakový vzduch	0,45	MPa

Tabulka 3 - Rozvodna 35 kV - základní technické údaje

Nejvyšší provozní napětí		38,5	kV
Jmenovité napětí		35	kV
Jmenovitý kmitočet		50	Hz
Jmenovitý proud	přípojnice	1250	A
	odbočky	600	A
Zkratová odolnost tepelná	lt _{th} / 1 sec	12,5	kA
Zkratová odolnost dynamická	l _{km}	31,5	kA
Největší vypočtený zkratový proud		7,0	kA
Ovládací napětí		110	V DC

Signalizační napětí	ovládací skříň	110	V DC
	signalizace do ŘS	24	V DC
Pohony vypínačů	elektropohon	230	V AC
Pohon odpojovačů	tlakový vzduch	0,5	MPa
Pohon odpojovače Q13 v poli AHA 17	ruční pákový		

3.1 Provoz a ovládání

Možnosti provozu a ovládání rozvoden R110 kV a R35kV dělíme do hladin, mezi které patří dálkové ovládání z DŘS, místní ovládání z pracovní stanice ŘSS (řídící systém stanice) na transformovně, nouzové ovládání z řídicí skříň a servisní ovládání ovládací spínacího prvku technologie v rozvodně.

Dálkové ovládání z DŘS

- Tato operace je prováděna z oddělení pro oblast Východ a to přímo dispečerem. Pro dálkové ovládání jsou funkční veškeré blokady, které zabraňují vadným manipulacím na R110 kV a R35 kV. V přístrojovém sále jsou umístěny skříň AWB2, kde přes volbu příslušného pole se zapínají a vypínají vypínače pro rozvodnu R110 kV a R35 kV.

Místní ovládání z pracovní stanice ŘSS

- Ovládání v dozorně transformovny. V režimu „Místní ovládání“ dochází k manipulaci s vypínači R110 kV a R35 kV na stejné úrovni, jako dispečer z nadřazeného pracoviště. Po ukončení operace se řídicí systém zpět přepne do režimu „Dálkové ovládání“.

3.2 Signalizace provozních stavů přístrojů

Signalizace provozních stavů přístrojů rozvoden R110 kV a R35kV je rozdělena na úroveň dálkové signalizace do ŘS, světelné signalizační tablo, místní signalizace spínacích prvků na ovládacích skříních a mechanické zobrazovače.

Dálková signalizace do ŘS

Z paket signálních přepínačů je vyvedena signalizace provozních stavů spínacích přístrojů. Signály jsou vedeny do rozvaděče AWD 3, 4, a 5 (podložené napětím ± 1.13 110VDC) z ovládacích skříní, nadále přes svorkovnicové skříň NFR s oddělovacími optopřevodníky je do terminálu RTU1, RTU2 signalizace převedena na 24VDC. Sběr dat zajišťuje telemechanika RTU1 a RTU2, která veškeré informace shromažďuje z technologie rozvoden do ŘS. Ze všech spínacích prvků z rozvoden R110 kV a R35 kV jsou přenášeny do řídicího systému stavy provozní signalizace. Provozní signalizace je přenášena přenosovým zařízením do DŘS.

Světelné signalizační tablo

Ve světelném signalizačním tablu jsou vyvedeny druhé výstupy z optopřevodníků ze svorkovnicových skříní NFR. Stavy provozní signalizace spínacích prvků z rozvoden jsou viditelné na světelném signalizačním tablu.

3.3 Ochrany

Elektrické ochrany rozvodny R110/35 kV jsou umístěny v přístrojovém sále. Veškeré vstupy ochrany jsou připojeny přes zkušební zásuvky ZZ11, 250V, 11A.

3.3.1 Ochrany R110 kV

Tabulka 4 - Ochrany rozvodny R110 kV

Rozvaděč / Pole	Popis-funkce	Typ-označení
Vývody vedení 110 kV AWC 5 – V 1153 AWC 6 – V 1173	Distanční ochrana vedení	D 115
	Automatika opětného zapnutí	OZ 111 X
		Přepínač volby režimu OZ Bez OZ – 1fOZ – 1+3fOZ – 3fOZ
	Nadproudová ochrana	AT 31 X
	Podpěťové ochrany	V10-P signalizace ztráty napětí na W11 (W12)
	Nesouhlas pólů vypínače	
	Hlavní ovládací napětí	FA1 (± 1.11)
	Záložní ovládací napětí	FA2 (± 1.21)
Pole transformátorů AWC 1 – T101 AWC 2 – T102	Rozdílová ochrana	R 30
	Nadproudová ochrana	AT 12 X (signalizace přetížení)
	Nadproudová ochrana	AT 31 X
	Podpěťová ochrana	V 32 uvolňuje (odblokovává) AT31X při podpětí
	Ochrana odporu	AT 12 X (pro T102 není funkční)
	Havarijní vypnutí HVT	3x A15, CV1, C11 + odstavení HVT
	Kostrová ochrana odporu	A15
	Nesouhlas pólů vypínače	
	Hlavní ovládací napětí	FA1 (± 1.11)
	Ovládací napětí pro R35 kV	FA2 (± 1.11 pole AHA 19, AHA 15)
	Záložní ovládací napětí	FA3 (± 1.21)
AWC 4	Frekvenční ochrana	FREA 16
		Přepínač Provoz – Vypnuto – Zkouška
	Ochrana proti rozjetí regulace	TRONIC 2008 MV63V (nefunkční)

Havarijní vypnutí transformátoru (HVT)

Tato ochrana slouží jako nouzové vypnutí transformátoru při fatální poruše na stejnosměrné vlastní spotřebě transformovny, v této situaci již není žádná ochrana ani vypínač schopen samostatné funkce. Pro odstavení se využije tlačítko vypínacího povelu na panelu ochran transformátoru AWC1 (AWC2) po obnovení stejnosměrného napětí.

Frekvenční ochrana

Tato ochrana je využívána pro případ zabránění rozpadu elektrizační soustavy. V případě, že měřená aktuální hodnota frekvence sítě klesne pod nastavenou hodnotu, ochrana FREA 16 působí a dojde k vypnutí transformátorů vvn/vn. Vše probíhá přes povelové relé v panelu ochran příslušného transformátoru.

3.3.2 Ochrany R35 kV

Tabulka 5 - Ochrany rozvodny R35 kV

Rozvaděč / Pole	Popis-funkce	Typ-označení
Vývody vrchních vedení AWF 3 – VN 3965 AWF 4 – VN 3868 AWF 5 – VN 3817 AWG 2 – VN 3966	Nadproudová ochrana	AT 31 X
	Rychlá zkratová ochrana	A 32
	Automatika opětného zapnutí	OZ 33 X
		Přepínač volby provozu OZ
	Ochrana zemní směrová	GSC 12

	Automatika PPN (ZRP)	PPN-D
		GV 12
	Hlavní ovládací napětí	FA1 (± 1.11)
Vývody kabelových vedení AWE 6 – VN 3963, VN 3860 AWF 1 – VN 3964, VN 3961 AWG 4 – VN 3863, VN 3967 AWG 6 – VN 3867	Nadproudová ochrana	AT 31 X1
	Rychlá zkratová ochrana	A 32
	Nulový článek	A11
	Hlavní ovládací napětí	FA1 (± 1.11)
Kabelový vývod VN 3960 AWF 2	Nadproudová ochrana	AT 32 X2-D (dvojstupňová ochrana)
	Nulový článek	AT 12 X1
	Hlavní ovládací napětí	FA1 (± 1.11)
Spínač pomocné přípojnice AWG 1 – SPP 1	Nadproudová ochrana	AT 31 X
	Rychlá zkratová ochrana	A 32
	Automatika opětného zapnutí	OZ 33 X
		Přepínač volby provozu OZ
	Ochrana zemní směrová	GSC 12
	Automatika PPN (ZRP)	PPN-D
		GV 12
Spínač pomocné přípojnice AWE 4 – SPP 2	Hlavní ovládací napětí	FA1 (± 1.11)
	Nadproudová ochrana	AT 31 X1
	Rychlá zkratová ochrana	A 32
	Nulový článek	A11
	Hlavní ovládací napětí	FA1 (± 1.11)
Spínač hlavní přípojnice AWE 4 – SP	Nadproudová ochrana	AT 31 X1
	Hlavní ovládací napětí	FA1 (± 1.11)
Pole měření AWE 5 – W11, W12	Ochrana přípojnice	V 22 (podpětí, přepětí na přípojnici)
		GV 12
	Hlavní ovládací napětí	FA1 (± 1.11)

Zvláštní režim provozu při práci pod napětím na venkovních vedeních 35kV

Pro práci pod napětím je třeba zřídit zvláštní režim provozu, který spočívá ve zkrácení vypínacích časů nadproudových ochran na minimální hodnotu, zařazení vypnutí vypínače od popudu zemní ochrany na Uo a zablokování automatiky opětného zapnutí. Toto je zajištěno prostřednictvím Automatiky PPN-D. Vedení 35 kV lze opět zapnout pod napětí jen v situaci, že to přikáže dispečer po zrušení režimu PPN-D.

3.4 Poruchová signalizace

Poruchová signalizace a působení ochran

- Tento proces je proveden do DŘS a na místní pracoviště ŘSS v dozorně. Dispečer zajišťuje odstavení signalizace působení a náběhů ochran.

Poruchová signalizace technologické výzbroje transformovny

- V dozorně je řídicí počítač, kam jsou zapisovány události, které jsou nadefinované jako poruchové stavy technologické výzbroje rozvodu. Na monitoru místní pracovní stanice ŘSS je deník událostí, kde se zobrazují poruchové stavy. Poruchová signalizace

je přenášena z ŘSS do DŘS, čerpáno je ze stejné databáze. Dispečer zajišťuje odstavení signalizovaných poruch.

3.5 Transformátory

3.5.1 Transformátory 110/35 kV

Dva transformátory označené jako T101 a T102 jsou osazeny v transformovně na vekovních stáních. Dispečer pro oblast Východ zajišťuje provoz a řazení transformátorů. Paralelní provoz transformátorů se provádí pouze po nezbytně nutnou dobu při převádění provozu transformátorů. Kontrola napětí a poloha odboček musí být zkontrolována před tím, nežli se zapne paralelní provoz transformátorů. Uzly vinutí 35kV výkonových transformátorů T101 a T102 mají volící odpojovače pro volbu zhášecí tlumivky TL31 a TL32, TL33 pro kompenzovaný provoz sítě vn přes zhášecí tlumivku, nebo volbu odporového provozu kabelové sítě vn přes odpor R31/T101. Pro Transformátor T102 je provedena volba odporového provozu R32/T102.

Tabulka 6 - Technická specifikace transformátoru T101

T101	
Jmenovitý výkon	40000 kVA, spojení YNyn0/d
Jmenovité napětí	110 000 ± 8 x 2 %/36 750V, 50 Hz, napětí nakrátko 11,0%
Jmenovitý proud	210 / 628 A
Přepínač odboček	MR, typ VIII350Y-76-10193G

Tabulka 7 - Technická specifikace transformátoru T102

T102	
Jmenovitý výkon	43000 kVA, spojení YNyn0/(d)
Jmenovité napětí	110 000 ± 8 x 2 %/36 750V, 50 Hz, napětí nakrátko 11,8%
Jmenovitý proud	226 / 676 A
Přepínač odboček	MR, typ VIII350Y-76-10193G

3.5.2 Transformátory vlastní spotřeby

Transformátory vlastní spotřeby značené TVS1 a TVS2 s napěťovým převodem 35/0,4 kV. V R35 kV v poli AHA 9 je situovaný TVS1. Z vedení VN 3817 přes stožárovou stanici PA 0908 je napájen TVS2. Tato konfigurace umožňuje odstavení transformační stanice se zachováním napájení elektrickou energií. Paralelní provoz transformátorů vlastní spotřeby je znemožněn funkcí automatického zásoku.

3.6 Zhášecí tlumivky, zemní odporníky

Na venkovních stanovištích nalezneme zhášecí tlumivky TL31, TL32, TL33 a vzduchové odporníky R31, R32, odděleny protipožární stěnou v prostoru stání silových transformátorů T101, T102

3.6.1 Zhášecí tlumivky

Normální provoz transformovny

- Transformátor T101 je provozován pro napájení přípojnice W12 kabelového rozvodu 35 kV. Zemní vzduchový odporník R31 je provozován v uzlu transformátoru.
- Transformátor T102 je provozován pro napájení přípojnice W11 vrchního vedení 35 kV. Tlumivka (TL31) je provozována v uzlu transformátoru.

Napájení rozvodny 35 kV jedním transformátorem (T101 nebo T102)

- Transformátor pro napájení obou přípojníc W11, W12 (kabelového i vrchního rozvodu 35 kV) je provozován s paralelně spojenými TL31 a TL32, TL33 připojenými do uzlu jeho vinutí 35 kV. Doladění na aktuální rozsah napájené sítě je zajištěno pomocí tlumivky TL31 se zapnutou automatikou ladění REG-DP.

Tabulka 8 - Technická specifikace tlumivky TL31

Tlumivka TL31 s plynulou regulací	
Jmenovitý výkon	5000 kVAr
Jmenovité napětí	21,2 kV, 50 Hz
Jmenovitý proud	23-236 A, doba zatížení 2 hod.
Měřicí transformátor proudu	300/5A, 15 VA

Tabulka 9 - Technická specifikace tlumivky TL32

Tlumivka TL32 s plynulou regulací	
Jmenovitý výkon	5000 kVAr
Jmenovité napětí	21,2 kV, 50 Hz
Jmenovitý proud	23-236 A, doba zatížení 2 hod.
Měřicí transformátor proudu	300/5A, 15 VA

Tabulka 10 - Technická specifikace tlumivky TL33

Tlumivka TL33 s plynulou regulací	
Jmenovitý výkon	4000 kVAr
Jmenovité napětí	21,2 kV, 50 Hz
Jmenovitý proud	19-190 A, doba zatížení 2 hod.
Měřicí transformátor proudu	200/5A, 30 VA

Ladění zhášecích tlumivek

V transformovně nalezneme pouze automatiku ladění pro zhášecí tlumivku TL31.

- automatické ladění zhášecí tlumivky TL31
- ladění zhášecí tlumivky TL31 z řídicího systému
- nouzové ladění zhášecích tlumivek na panelu rozvaděče AWA 4 (HMI automatiky REG-DP)
- havarijní ladění zhášecích tlumivek

V řídicím systému jsou zaznamenávány měřené hodnoty pro nastavené tlumivky jako např.: U_o , I_o , teplota oleje, poruchové stavy tlumivek a provozní stavy odpojovačů.

Automatické ladění TL31

Pomocí regulátoru (REG-DP) je provedeno automatické ladění zhášecí tlumivky TL31 v dozorně na panelu rozvaděče AWA4. Měření napětí U_o nám umožňuje kontrolovat stav sítě. První tlumivka TL31 pracuje v režimu Master a druhá tlumivka TL32+TL33 zůstane pevná v případě regulace paralelně zapojených tlumivek.

Ladění zhášecích tlumivek ze systému DŘS (místní pracovní stanice ŘSS)

Z ŘSS a DŘS je možné povelovat automatiku ladění REG-DP a manuálně ladit zhášecí tlumivku TL31 pomocí povelů na zvýšení nebo snížení nastavené hodnoty proudu (polohy jádra tlumivky) díky měření hodnot U_o , I_o a polohy jádra.

3.6.2 Zemní odporníky

Odporník R31 bude pro provoz s T101, odporník R32 je pro volbu provozu transformátoru T102.

Tabulka 11 - Technická specifikace odporníků R31, R32

Zemní odporník EGE, typ UR 450/35	
Napětí	35√3 kV
Proud	450 A / 5s
Měřicí transformátor, typ STE10	300/5 A
Kostrový transformátor, typ STE10	200/5 A

4. Diagnostika elektrických ochran

Zkoušení, provoz a údržba ochran jsou součástí zajištění spolehlivého provozu elektrizační soustavy. Musí být zajištěna správná činnost ochran a zařízení pro bezpečnost osob. Redukuje vypnutí dodávky elektrické energie na potřebně nutné úseky, čímž se zabraňuje závažným ztrátám a škodám. Ochrany a zařízení je třeba správně nastavit, musí být správným způsobem udržovány a pravidelně zkoušeny. Bezpečně a spolehlivě napájeny pomocným napětím. [2]

Provoz ochran a automatik musí být zajišťován provozovatelem soustavy v rozsahu:

- a) Zapojení přístrojových transformátorů a vnějších napěťových a proudových obvodů ochran
- b) Napájení ochran, včetně souvisejících obvodů ochran a automatik
- c) Místní automatiky
- d) Signalizační a záznamové zařízení včetně signalizace poruchových stavů příslušného zařízení
- e) Řídicí systém

Vykonávání činností řádu preventivních údržby (ŘPÚ) patří mezi povinnosti provozovatele distribuční soustavy. Při revizi musí provozovatel zkoušet ochrany, provádět jejich údržbu a případně drobné opravy. Zkoušky se provádí v pravidelných intervalech v souladu s doporučením výrobců.

4.1 Zkoušení ochran

4.1.1 Funkční zkoušky

Funkční zkoušky slouží pro ověření správnosti algoritmu ochran a to pro jejich citlivost, selektivitu, rychlost a přesnost.

Funkční zkoušky dělíme na primární funkční zkoušky a sekundární funkční zkoušky.

Primární funkční zkoušky

Při těchto zkouškách zkoušíme soustavu ochran včetně přístrojových transformátorů a ostatního příslušenství. Ověřujeme tím i správnost sekundárních obvodů, správnost zapojení přístrojových transformátorů a také činnost vypínačů, atd. Obvody přístrojových transformátorů proudu se při tomto druhu zkoušení nerozpojují.

Sekundární funkční zkoušky

Tento typ zkoušky je nejčastěji využíván tak, že použijeme přenosný měřicí přístroj pro měření charakteristik ochran dle schématu ochrany. Při sekundárních zkouškách se ochranná soustava zkouší samostatně bez připojení na přístrojové transformátory.

Zkouška činností ochran nebo soustavy ochran jištěného zařízení se provádí dle instrukcí výrobce nebo požadavků od provozovatele při nastavených hodnotách všech rozběhových, měřicích, směrových a časových článků ochran. [2]

4.1.2 Sekundární zkoušky a měření charakteristik ochran

Zde porovnáváme dva údaje a to údaje změřené a údaje nastavené na ochraně, to znamená nastavení citlivosti a doby působení ochran. Pro případ testování ochran nejvíce využíváme sekundární zkoušky. A to z důvodu, že ochrana není připojena přes přístrojový transformátor a není zapotřebí zdroj tak vysokého proudu nebo napětí. U primárních zkoušek je to naopak. [2]

4.1.3 Zařízení pro zkoušení ochran za provozu

V případě, že chce uživatel dělat sekundární zkoušku ochran, je nutné provést demontáž ochrany nebo ji odpojit od výstupu a proudového a napětového vstupu. Demontáž není za provozu možná. Při častém zkoušení nastává potřeba zkoušet ochrany za provozu a bez demontáže. Je to možné vše vyřešit zkušební rozpojovací zásuvkou. [2]

Je nutné při sekundárních zkouškách ochran u zařízení dodržovat:

- a) Zkoušená ochrana se musí zabezpečit proti vypnutí nebo zapnutí automatikou OZ všech vypínačů zkoušeného obvodu (jištěné zařízení je v provozu anebo bez napětí)
- b) Zajistit proti spuštění systém automatiky selhání vypínače.

Do protokolu je nutné zapsat veškeré výsledky kontrol a zkoušek ochran, přístrojových transformátorů, izolací, pomocných napětí, spojovacích cest, atd.. Pro příklad - naměřené rozběhové a návratové hodnoty měřících a časových článků ochran a ostatní charakteristické hodnoty.

4.2 Teoretický rozbor ochran

D 115 Distanční ochrana

Jednosystémová distanční ochrana s přepínáním měřícího členu na postižené fáze uzemněných sítí velmi vysokého napětí. V případě poruchového stavu na chráněném vedení naběhnou rozběhové články ZM, příslušná pomocná relé a spustí sadu časových členů. Řetěz kontaktů přivádí napětí postižených fází na měřící a směrový člen. Distanční ochrana D115 umožňuje spolupráci s automatikou opětovného zapínání. [4]

Rozběhové články ZM

Rozběhové články pracují s proudem kontrolovaného vodiče a sdruženým napětím. V případě zemního zkratu dochází k přepínání na fázové napětí. Napětí na sekundární straně tlumivky TLr v proudovém obvodu a napětí ze sekundární strany napětového transformátoru Vr se pomocí citlivého relé s otočnou cívkou ZMr porovnávají. [4]

Směrový člen

Pro funkci směrového členu SM je využito citlivé elektrodynamické relé. Proud a napětí jsou připojeny na směrový člen SM přes řetěz kontaktů volby – kontaktů pomocných relé ovládaných pomocí rozběhových ZM článků. [4]

Měřící člen a příslušné obvody

Distanční ochrana vyměřuje zkraty jako impedance smyčky dvou vodičů. Model vedení reflektují úbytky napětí na čtveřici měrných odporů. [4]

Vlastní měřící člen M pracuje na principu porovnávání usměrněných napětí z proudových a napětových obvodů ve stejnosměrném relé s otočnou cívkou. [4]

Závora proti kývání

Závora proti kývání tvoří dvě elektrodynamická relé SW, SJ pro kontrolu wattového a jalového výkonu. V případě stavu kývání energetického systému je přivedeno napájení pomocí kontaktů rozběhových článků a kontakty systémů SW a SJ na blokovacím relé P. [4]

Časové členy

Sestavu tvoří tři dvojice elektronických časových článků.

T_0	0,05 - 0,5 s ve stupních po 50 ms – slouží pro zpoždění rychlého stupně
T_p	0,05 - 0,5 s ve stupních po 50 ms – slouží pro spolupráci D 115 s opětných zapínáním
T_1	První časový stupeň distanční ochrany
T_2	Druhý časový stupeň distanční ochrany
T_3	Třetí časový stupeň distanční ochrany
T_K	Koncový časový stupeň distanční ochrany

Časové články vynikají vysokou přesností a stabilitou nastavené hodnoty. V provozu umožňuje jemnější časové rozlišení záložních stupňů ochrany. [4]

OZ 111 X Relé opětného zapínání

Relé pro opětné zapínání OZ 111 X je automatika pro řízení vypínačů vvn, které mají oddělený pohon každého pólu. Automatika opětného zapínání při poruše v síti provádí jednopólový nebo třípólový cyklus opětného zapínání s vypínačem, nesouvisle seřiditelnou dobou znovuzapnutí vypínače. Přepínáním vnějšího paketu přepínače do příslušné polohy je možné volit různé varianty provozu. [5]

Řízení impedanční charakteristiky

Impedanční charakteristika distanční ochrany se řídí následovně:

- Při zařazení jednopólového OZ se impedanční charakteristika zkracuje a je prodloužena jen při jednopólových zkratech. V případě ostatních zkratů je trvale zkrácena.
- Při zařazení jedno a třípólového OZ nebo třípólového OZ je impedanční charakteristika všech druhů zkratů měřena distanční ochranou v prodlouženém stupni.
- Po úspěšném cyklu OZ se impedanční charakteristika zkracuje a je zkrácena po dobu náběhu blokovacího impulsu. [5]

Blokování činnosti OZ

Skupina pomocných relé B, BT, D v relé opětné zapínání OZ 111 X slouží k blokování činnosti OZ po dobu 5 až 20 s. Blokování činnosti nastává v případech, kdy OZ není žádoucí:

- Po proběhnutí úspěšného cyklu OZ
- Působením od distanční ochrany při překročení času potřebného k úspěšnému cyklu OZ
- Při zapínání vedení
- Při vzniku vícefázových zkratů v provozu jednopólového OZ[5]

Výběr pólů pro OZ

Výběr pólů pro relé opětovného zapínání se provádí vyvedenými impulzy od rozběhových článků v distanční ochraně. [5]

AT 31 X1 Nadproudová časová ochrana

Nadproudová, sekundární a časově nezávislá ochrana elektrických zařízení v případě přetížení a zkratů. Použití mají především tam, kde je požadavek na nízkou spotřebu proudového obvodu a vysoký přídržný poměr. Přesnost časového článku určuje spolehlivé působení při selektivní ochraně. [6]

4.3 Diagnostika ochran na rozvodně R110/35kV

Praktická část bakalářské práce je zaměřena na testování elektrických ochran na rozvodně Pardubice - Sever R110/35kV. Testování ochran je navrženo pro distanční ochranu D 115 včetně relé opětovného zapnutí OZ 111 X a záložní nadproudovou ochranu AT 31 X1 na vypnutém vedení vvn.

Testovací zařízení

CMC 356

Univerzální zařízení pro testování sekundární techniky.

4.3.1 Diagnostika distanční ochrany D 115

Příprava zařízení pro revizi

- vypnutí ovládacích napětí ochrany a vypínače
- odepnutí strhávání přepnutí automatiky OZ do polohy „Bez OZ“
- odpojení záznamových a signalizačních zařízení řídicího systému rozvodny (MicroSCADA)

Pomocí zkušební zásuvky (ZZ11, 250V, 11A)

- odpojení ovládacích impulsů vypínače a poruchových automatik
- odpojení ovládacích napětí vypínače a poruchové automatiky
- odpojení vnějších proudových a napěťových obvodů

Kontrola revidované ochrany

- kontrola stavu elektromechanických částí ochrany a dotažení všech svorek
- zapnutí (propojení zkušební zásuvky) ovládacích napětí nutných pro činnost ochrany

Kontrola nastavení

Kontrola nastavení musí být provedena podle nastavovacího protokolu, který určuje oddělení ASDŘ.

	prim.	sek.
MTP: [A]	400	1
MTN: [V]	110000	100

Průřez [mm ²] :	120 AIFe6	150 AIFe6	185 AIFe6	240 AIFe6	350 AIFe6	450 AIFe8	600 AIFe8
Délka [km] :	0	0	13,775	0	0	0	0
Odpor R1c :	2,2	[Ω]					
Reaktance X1c :	5,51	[Ω]					
Impedance Z1c :	5,93	[Ω]					
Nulový odpor Roc :		[Ω]					
Nulová reakt. Xoc :		[Ω]					
Nulová imp. Zoc :		[Ω]					
Úhel vedení :	68	[°]					
Uspořádání vodičů :	soudek						

Obrázek 6 - Parametry vedení

Sta	Název	ID	Cizí ID	Popis	Referenční hodnot	Hodnota	Jednotky	Min	Max
✓	Z1prim	Z1PRIM		Impedance Z1 prim			5,00 Ohm/f	-inf	+inf
✓	Z2prim	Z2PRIM		Impedance Z2 prim			9,30 Ohm/f	-inf	+inf
✓	Z3prim	Z3PRIM		Impedance Z3 prim			12,30 Ohm/f	-inf	+inf
✓	Koeficient Z1=Zoz	Z0ZPRIM		Koeficient Z1=Zoz (násobitel)			1,35	-inf	+inf
✓	V1 nastaveno	V1		Procentní nastavení dosahu zón			58,00 %	-inf	+inf
✓	V2 nastaveno	V2		Procentní nastavení dosahu zón			31,00 %	-inf	+inf
✓	V3 nastaveno	V3		Procentní nastavení dosahu zón			24,00 %	-inf	+inf
✓	Txo (T1)	T1		Časy zón			0,10 s	-inf	+inf
✓	Txp (T13)	TR		Časy zón			0,40 s	-inf	+inf
✓	Tx1 (T2)	T2		Časy zón			0,50 s	-inf	+inf
✓	Tx2 (T3)	T3		Časy zón			1,00 s	-inf	+inf
✓	Tx3 (T4)	T4		Časy zón			3,90 s	-inf	+inf
✓	Txk (Tk)	TK		Časy zón			6,00 s	-inf	+inf
✓	Popud - r	POPUDR		Podimpedanční popud sek.			16,50 Ohm/f	-inf	+inf
✓	Popud - k	POPUDK		Podimpedanční popud sek.			10,50 Ohm/f	-inf	+inf
✓	Popud - Dosah (+)	POPUDPL		Podimpedanční popud sek.			27,00 Ohm/f	0,00	+inf
✓	Popud - Dosah (-)	POPUDMI		Podimpedanční popud sek.			-6,00 Ohm/f	-inf	0,00
✓	Konstanty - Úhel fi	KONFI		Konstanty ochrany			68,00 °	-inf	+inf
✓	Konstanty - ró	KONRO		Konstanty ochrany			0,950	-inf	+inf
✓	Konstanty - lo	KONIO		Konstanty ochrany			0,5In		
✓	Konstanty - kAD(k)	KONKAD		Konstanty ochrany			1,00 Ohm/f sek	-inf	+inf
✓	Konstanty - eps A	KONEPSA		Konstanty ochrany			60 %	-inf	+inf
✓	Konstanty - eps B	KONEPSB		Konstanty ochrany			60 %	-inf	+inf
✓	Konstanty - GA (n)	KONGA		Konstanty ochrany			0,60	-inf	+inf
✓	Konstanty - GB (n)	KONGB		Konstanty ochrany			0,60	-inf	+inf
✓	Konstanty - Ra (R)	KONRA		Konstanty ochrany			1/1,5		
✓	Konstanty - Rb	KONRB		Konstanty ochrany			135	-inf	+inf
✓	Konstanty - Rc (v)	KONRC		Konstanty ochrany			0,0	-inf	+inf
✓	Konstanty - Da	KONDA		Konstanty ochrany			1	-inf	+inf
✓	Konstanty - Db	KONDB		Konstanty ochrany			1	-inf	+inf
✓	Konstanty - Dc	KONDC		Konstanty ochrany			SM		

Obrázek 7 - Impedance zón (nastavení protokolu v softwaru měření pro výpočet charakteristiky)

Testování zařízení

Pro testování provedeme připojení pomocí zkušebních zásuvek proudových a napěťových obvodů regulovatelného zdroje proudu a napětí (CMC 356). Na binární vstupy testovacího zařízení přivedeme vypínací impulzy od jednotlivých fází relé opětovného zapínání OZ 111 X, vypínací impulz od distanční ochrany D 115 a kontakty jednotlivých článků.



Kontrola a nastavení časů v závislosti na impedanci pro jednotlivé zóny. Měření minimálně 3 hodnot (vyhledávací test) dosahů jednotlivých zón při volbě L1-0 / L2-0 / L3-0 / L1-L2 / L1-L3 / L2-L3 / L1-L2-L3.

Zóna	Z skut.	Skut. Phi	Skut. R	Skut. X	Hodnocená vel.	Jmen.	Odch.	Výsledek
Z1	3,674 Ω	50,00 °	2,362 Ω	2,815 Ω	Z	3,514 Ω	4,562 %	Úspěšný
Z2	6,256 Ω	50,00 °	4,021 Ω	4,792 Ω	Z	6,574 Ω	- 4,848 %	Úspěšný
Z3	8,879 Ω	50,00 °	5,707 Ω	6,802 Ω	Z	8,492 Ω	4,562 %	Úspěšný

Tabulka 13 - Vyhledávací test Z1, Z2, Z3: Typ selhání L2-E

Zóna	Z skut.	Skut. Phi	Skut. R	Skut. X	Hodnocená vel.	Jmen.	Odch.	Výsledek
Z1	3,344 Ω	50,00 °	2,149 Ω	2,561 Ω	Z	3,514 Ω	- 4,848 %	Úspěšný
Z2	6,256 Ω	50,00 °	4,021 Ω	4,792 Ω	Z	6,574 Ω	- 4,848 %	Úspěšný
Z3	8,879 Ω	50,00 °	5,707 Ω	6,802 Ω	Z	8,492 Ω	4,562 %	Úspěšný

Tabulka 14 - Vyhledávací test Z1, Z2, Z3: Typ selhání L3-E

Zóna	Z skut.	Skut. Phi	Skut. R	Skut. X	Hodnocená vel.	Jmen.	Odch.	Výsledek
Z1	3,344 Ω	50,00 °	2,149 Ω	2,561 Ω	Z	3,514 Ω	- 4,848 %	Úspěšný
Z2	6,256 Ω	50,00 °	4,021 Ω	4,792 Ω	Z	6,574 Ω	- 4,848 %	Úspěšný
Z3	8,879 Ω	50,00 °	5,707 Ω	6,802 Ω	Z	8,492 Ω	4,562 %	Úspěšný

Tabulka 15 - Vyhledávací test Z1, Z2, Z3: Typ selhání L1-L2

Zóna	Z skut.	Skut. Phi	Skut. R	Skut. X	Hodnocená vel.	Jmen.	Odch.	Výsledek
Z1	2,296 Ω	50,00 °	1,476 Ω	1,759 Ω	Z	2,196 Ω	4,562 %	Úspěšný
Z2	4,296 Ω	50,00 °	2,762 Ω	3,291 Ω	Z	4,109 Ω	4,562 %	Úspěšný
Z3	5,550 Ω	50,00 °	3,567 Ω	4,251 Ω	Z	5,307 Ω	4,562 %	Úspěšný

Tabulka 16 - Vyhledávací test Z1, Z2, Z3: Typ selhání L2-L3

Zóna	Z skut.	Skut. Phi	Skut. R	Skut. X	Hodnocená vel.	Jmen.	Odch.	Výsledek
Z1	2,296 Ω	50,00 °	1,476 Ω	1,759 Ω	Z	2,196 Ω	4,562 %	Úspěšný
Z2	4,296 Ω	50,00 °	2,762 Ω	3,291 Ω	Z	4,109 Ω	4,562 %	Úspěšný
Z3	5,550 Ω	50,00 °	3,567 Ω	4,251 Ω	Z	5,307 Ω	4,562 %	Úspěšný

Tabulka 17 - Vyhledávací test Z1, Z2, Z3: Typ selhání L3-L1

Zóna	Z skut.	Skut. Phi	Skut. R	Skut. X	Hodnocená vel.	Jmen.	Odch.	Výsledek
Z1	2,296 Ω	50,00 °	1,476 Ω	1,759 Ω	Z	2,196 Ω	4,562 %	Úspěšný
Z2	4,296 Ω	50,00 °	2,762 Ω	3,291 Ω	Z	4,109 Ω	4,562 %	Úspěšný
Z3	5,550 Ω	50,00 °	3,567 Ω	4,251 Ω	Z	5,307 Ω	4,562 %	Úspěšný

Tabulka 18 - Vyhledávací test Z1, Z2, Z3: Typ selhání L1-L2-L3

Zóna	Z skut.	Skut. Phi	Skut. R	Skut. X	Hodnocená vel.	Jmen.	Odch.	Výsledek
Z1	2,090 Ω	50,00 °	1,343 Ω	1,601 Ω	Z	2,196 Ω	- 4,848 %	Úspěšný
Z2	3,910 Ω	50,00 °	2,513 Ω	2,995 Ω	Z	4,109 Ω	- 4,848 %	Úspěšný
Z3	5,550 Ω	50,00 °	3,567 Ω	4,251 Ω	Z	5,307 Ω	4,562 %	Úspěšný

Distanční ochrana spolupracuje v souboru s automatikou OZ a ostatními zařízeními, je nutné odzkoušet jejich vzájemnou spolupráci. Měření přesahů jednotlivých zón (vyhledávací test), po danou volbu provozu OZ.

Tabulka 19 - Vyhledávací test Zoo: Typ selhání L1-E

Zóna	Z skut.	Skut. Phi	Skut. R	Skut. X	Hodnocená vel.	Jmen.	Odch.	Výsledek
Zoz	4,514 Ω	50,00 °	2,901 Ω	3,458 Ω	Z	4,744 Ω	- 4,848 %	Úspěšný

Tabulka 20 - Vyhledávací test Zoz: Typ selhání L2-E

Zóna	Z skut.	Skut. Phi	Skut. R	Skut. X	Hodnocená vel.	Jmen.	Odch.	Výsledek
Zoz	4,514 Ω	50,00 °	2,901 Ω	3,458 Ω	Z	4,744 Ω	- 4,848 %	Úspěšný

Tabulka 21 - Vyhledávací test Zoz: Typ selhání L3-E

Zóna	Z skut.	Skut. Phi	Skut. R	Skut. X	Hodnocená vel.	Jmen.	Odch.	Výsledek
Zoz	4,514 Ω	50,00 °	2,901 Ω	3,458 Ω	Z	4,744 Ω	- 4,848 %	Úspěšný

Tabulka 22 - Vyhledávací test Zoz: Typ selhání L1-L2

Zóna	Z skut.	Skut. Phi	Skut. R	Skut. X	Hodnocená vel.	Jmen.	Odch.	Výsledek
Zoz	2,929 Ω	56,31 °	1,625 Ω	2,437 Ω	Z	2,791 Ω	4,94 %	Úspěšný

Tabulka 23 - Vyhledávací test Zoz: Typ selhání L2-L3

Zóna	Z skut.	Skut. Phi	Skut. R	Skut. X	Hodnocená vel.	Jmen.	Odch.	Výsledek
Zoz	2,929 Ω	56,31 °	1,625 Ω	2,437 Ω	Z	2,791 Ω	4,94 %	Úspěšný

Tabulka 24 - Vyhledávací test Zoz: Typ selhání L3-L1

Zóna	Z skut.	Skut. Phi	Skut. R	Skut. X	Hodnocená vel.	Jmen.	Odch.	Výsledek
Zoz	2,929 Ω	56,31 °	1,625 Ω	2,437 Ω	Z	2,791 Ω	4,94 %	Úspěšný

Tabulka 25 - Vyhledávací test Zoz: Typ selhání L1-L2-L3

Zóna	Z skut.	Skut. Phi	Skut. R	Skut. X	Hodnocená vel.	Jmen.	Odch.	Výsledek
Zoz	2,717 Ω	56,31 °	1,507 Ω	2,261 Ω	Z	2,791 Ω	- 2,665 %	Úspěšný

Měření rozběhových článků ZM

Měření rozběhových článků ZM dosahuje impedanční charakteristiky v úhlu $\pm 60^\circ$ a $\pm 0^\circ$ na kontaktu rozběhového článku 2b3.

Tabulka 26 - Vyhledávací test ZM: Typ selhání L1-L2

Zóna	Z skut.	Skut. Phi	Skut. R	Skut. X	Hodnocená vel.	Jmen.	Odch.	Výsledek
Popud	20,04 Ω	0,00 °	20,04 Ω	0,000 Ω	Z	17,70 Ω	13,27 %	Úspěšný
Popud	28,93 Ω	60,00 °	14,47 Ω	25,06 Ω	Z	26,91 Ω	7,536 %	Úspěšný

Tabulka 27 - Vyhledávací test ZM: Typ selhání L2-L3

Zóna	Z skut.	Skut. Phi	Skut. R	Skut. X	Hodnocená vel.	Jmen.	Odch.	Výsledek
Popud	20,04 Ω	0,00 °	20,04 Ω	0,000 Ω	Z	17,70 Ω	13,27 %	Úspěšný
Popud	28,93 Ω	60,00 °	14,47 Ω	25,06 Ω	Z	26,91 Ω	7,536 %	Úspěšný

Tabulka 28 - Vyhledávací test ZM: Typ selhání L3-L1

Zóna	Z skut.	Skut. Phi	Skut. R	Skut. X	Hodnocená vel.	Jmen.	Odch.	Výsledek
Popud	18,48 Ω	0,00 °	18,48 Ω	0,000 Ω	Z	17,70 Ω	4,422 %	Úspěšný
Popud	27,58 Ω	60,00 °	18,48 Ω	23,89 Ω	Z	26,91 Ω	2,512 %	Úspěšný

Tabulka 29 - Vyhledávací test ZM: Typ selhání L1-L2

Zóna	Z skut.	Skut. Phi	Skut. R	Skut. X	Hodnocená vel.	Jmen.	Odch.	Výsledek
Popud	6,866 Ω	- 120,00 °	- 3,433 Ω	- 5,946 Ω	Z	6,021 Ω	14,03 %	Úspěšný

Tabulka 30 - Vyhledávací test ZM: Typ selhání L2-L3

Zóna	Z skut.	Skut. Phi	Skut. R	Skut. X	Hodnocená vel.	Jmen.	Odch.	Výsledek
Popud	6,866 Ω	- 120,00 °	- 3,433 Ω	- 5,946 Ω	Z	6,021 Ω	14,03 %	Úspěšný

Tabulka 31 - Vyhledávací test ZM: Typ selhání L3-L1

Zóna	Z skut.	Skut. Phi	Skut. R	Skut. X	Hodnocená vel.	Jmen.	Odch.	Výsledek
Popud	5,513 Ω	- 120,00 °	- 2,757 Ω	- 4,775 Ω	Z	6,021 Ω	- 8,433 %	Úspěšný

Měření pro všechny články ZMR / ZMS / ZMT, kdy při nastavené hodnotě napětí $U=0,0V$ se zvyšuje proud až do náběhu ochrany.

Tabulka 32 - Výsledky vyhodnocení ZMR ($U=0V$)

Jméno/zprac.	Rampa	Podmínka	Sig	Jmen.	Skut.	Tol.-	Tol.+	Odch.	Vyhodnotit	Tact
Popud ZMR	Rampa 1	Popud/2b3 0->1	I L1		380,0 mA				o	41,90 ms

Tabulka 33 - Výsledky vyhodnocení ZMS ($U=0V$)

Jméno/zprac.	Rampa	Podmínka	Sig	Jmen.	Skut.	Tol.-	Tol.+	Odch.	Vyhodnotit	Tact
Popud ZMS	Rampa 1	Popud/2b3 0->1	I L2		280,0 mA				o	11,10 ms

Tabulka 34 - Výsledky vyhodnocení ZMT ($U=0V$)

Jméno/zprac.	Rampa	Podmínka	Sig	Jmen.	Skut.	Tol.-	Tol.+	Odch.	Vyhodnotit	Tact
Popud ZMT	Rampa 1	Popud/2b3 0->1	I L3		300,0 mA				o	64,60 ms

Měření při nastavené hodnotě napětí $U=100V$ se zvyšuje proud až do náběhu ochrany (vyloučení vlivu nadproudového článku A0).

Tabulka 35 - Výsledky vyhodnocení ZMR ($U=100V$)

Jméno/zprac.	Rampa	Podmínka	Sig	Jmen.	Skut.	Tol.-	Tol.+	Odch.	Vyhodnotit	Tact
Popud ZMR	Rampa 1	Popud/2b3 0->1	I L1		2,000 A				o	28,40 ms

Tabulka 36 - Výsledky vyhodnocení ZMS ($U=100V$)

Jméno/zprac.	Rampa	Podmínka	Sig	Jmen.	Skut.	Tol.-	Tol.+	Odch.	Vyhodnotit	Tact
Popud ZMS	Rampa 1	Popud/2b3 0->1	I L2		1,890 A				o	93,00 ms

Tabulka 37 - Výsledky vyhodnocení ZMT ($U=100V$)

Jméno/zprac.	Rampa	Podmínka	Sig	Jmen.	Skut.	Tol.-	Tol.+	Odch.	Vyhodnotit	Tact
Popud ZMT	Rampa 1	Popud/2b3 0->1	I L3		1,930 A				o	67,10 ms

Citlivost směrového článku

Měření citlivosti elektrodynamického relé směrového článku na kontaktu rozběhové článku 2b3.

Tabulka 38 - Výsledky vyhodnocení směrového článku

Jméno/zprac.	Rampa	Podmínka	Sig	Jmen.	Skut.	Tol.-	Tol.+	Odch.	Vyhodnotit	Tact
Citlivost SM- čl.	Rampa 1	Citlivost SM/PS4 0→1	V L2- E	500,0 mV	630,0 mA	300,0 mV	300,0 mV	130,0 mV	+	70,60 ms

Měření nadproudového článku A0

Měření náběhu a odpadu nadproudového článku A0 na kontaktu nadproudového článku A0 2n4.

Tabulka 39 - Výsledky vyhodnocení nadproudového článku A0

Jméno/zprac.	Rampa	Podmínka	Sig	Jmen.	Skut.	Tol.-	Tol.+	Odch.	Vyhodnotit	Tact
Přítah Ao L1	Rampa 1	Náběh Ao/2n4 0→1	I L1		500,0 mA				o	75,60 ms
Odpad Ao L1(1)	Rampa 2	Náběh Ao/2n4 1→0	I L1		430,0 mA				o	17,90 ms

Závora proti kývání

Měření času závory proti kývání (čas zpoždění odpadu relé P4) na kontaktu závory proti kývání P4.

Tabulka 40 - Výsledky vyhodnocení závora proti kývání

Jméno/zprac.	Rampa	Podmínka	Sig	Jmen.	Skut.	Tol.-	Tol.+	Odch.	Vyhodnotit	Tact
Závora náběh	- Rampa 1	Závora/P4 0→1	I L3; L1						o	
Závora odpad	- Rampa 2	Závora/P4 1→0	I L3; L1		0,000 A				o	993,6 ms

Měření časů tk, tr3

Měření času koncového času tk distanční ochrany v protisměru při navolené propojce T4=SM.

Tabulka 41 - Výsledky vyhodnocení tk

Z	Phi	%	% z	Jmen. t	Skut. t	Odch.	ITest	Výsledek
4,297 Ω	-120,00 °	71,36 %	Popud	6,000 s	6,136 s	2,272 %	2,000 A	Úspěšný

Měření času relé tr3 v protisměru na kontaktu relé distanční ochrany.

Tabulka 42 - Výsledky vyhodnocení tr3

Z	Phi	%	% z	Jmen. t	Skut. t	Odch.	ITest	Výsledek
4,297 Ω	-120,00 °	71,36 %	Popud	400,0 ms	421,4 ms	3,1 %	2,000 A	Úspěšný

4.3.2 Diagnostika relé opětného zapínání OZ 111 X

Kontrola nastavení

Kontrola nastavení podle nastavovacího protokolu

Rozběh :	D115		Volba :	1 pólový
Pt1/Pt3 :	0,6/0,3	[sec.]		OZ zapnut
1BT :	1,2	[sec.]		
BT :	20	[sec.]		

Zkoušky s nadřazenou distanční ochranou D 115

- odzkoušení volících impulsů pro relé R, S, T, N od distanční ochrany
- odzkoušení náběhu relé P
- odzkoušení funkce OZ při volbě „ 1 - pól. OZ “ při jednopólovém i třípólovém zkratu
- odzkoušení blokovacího impulsu od distanční ochrany

Měření časů beznapěťové pauzy a zapínacího impulsu

Měření času beznapěťové pauzy pro jednopólový OZ - čas pt1 a délky zapínacího impulsu - čas 1Bt

Tabulka 43 - Vyhodnocení času 1pól OZ - L1-N

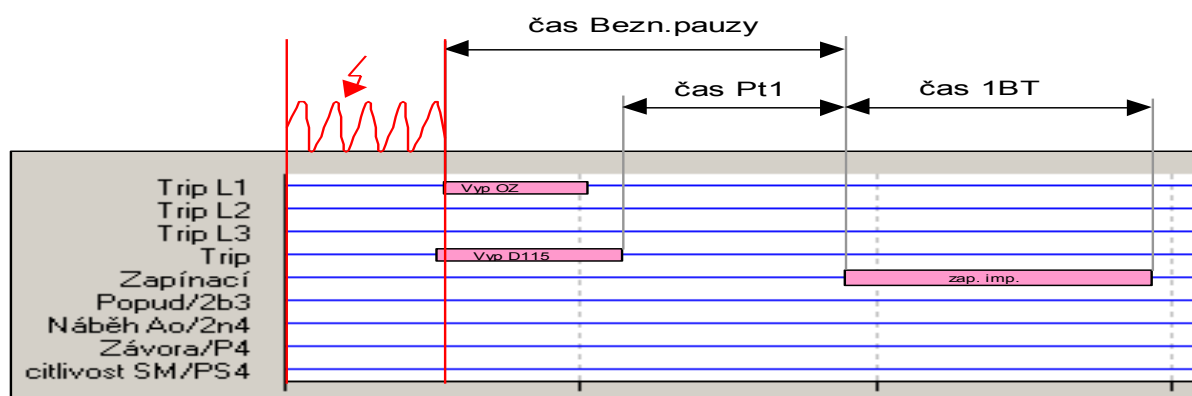
Název	Ignorovat před	Spustit	Zastavit	Tnom	Tdev-	Tdev+	Tact	Tdev	Vyhodnotit
relé 1BT		Zapínací 0→1	Zapínací 1→0	1,200 s			1,269 s	68,50 ms	o
Bezn. Pauza		Trip L1 0→1	Zapínací 1→0	810,0 ms			714,3 ms	-95,70 ms	o
relé PT1		Trip 1→0	Zapínací 0→1	600,0 ms			623,9 ms	23,90 ms	o

Tabulka 44 - Vyhodnocení času 1pól OZ - L2-N

Název	Ignorovat před	Spustit	Zastavit	Tnom	Tdev-	Tdev+	Tact	Tdev	Vyhodnotit
relé 1BT		Zapínací 0→1	Zapínací 1→0	1,200 s			1,268 s	67,70 ms	o
Bezn. Pauza		Trip L2 0→1	Zapínací 1→0	810,0 ms			727,8 ms	-82,20 ms	o
relé PT1		Trip 1→0	Zapínací 0→1	600,0 ms			622,2 ms	22,20 ms	o

Tabulka 45 - Vyhodnocení času 1pól OZ - L3-N

Název	Ignorovat před	Spustit	Zastavit	Tnom	Tdev-	Tdev+	Tact	Tdev	Vyhodnotit
relé 1BT		Zapínací 0→1	Zapínací 1→0	1,200 s			1,267 s	66,90 ms	o
Bezn. Pauza		Trip L3 0→1	Zapínací 1→0	810,0 ms			720,6 ms	-89,40 ms	o
relé PT1		Trip 1→0	Zapínací 0→1	600,0 ms			622,2 ms	22,20 ms	o



Obrázek 9 - Činnost automatiky opětovného zapínání ve spolupráci s distanční ochranou D 115

Diagnostika záložní nadproudové časové ochrany AT 31 X1

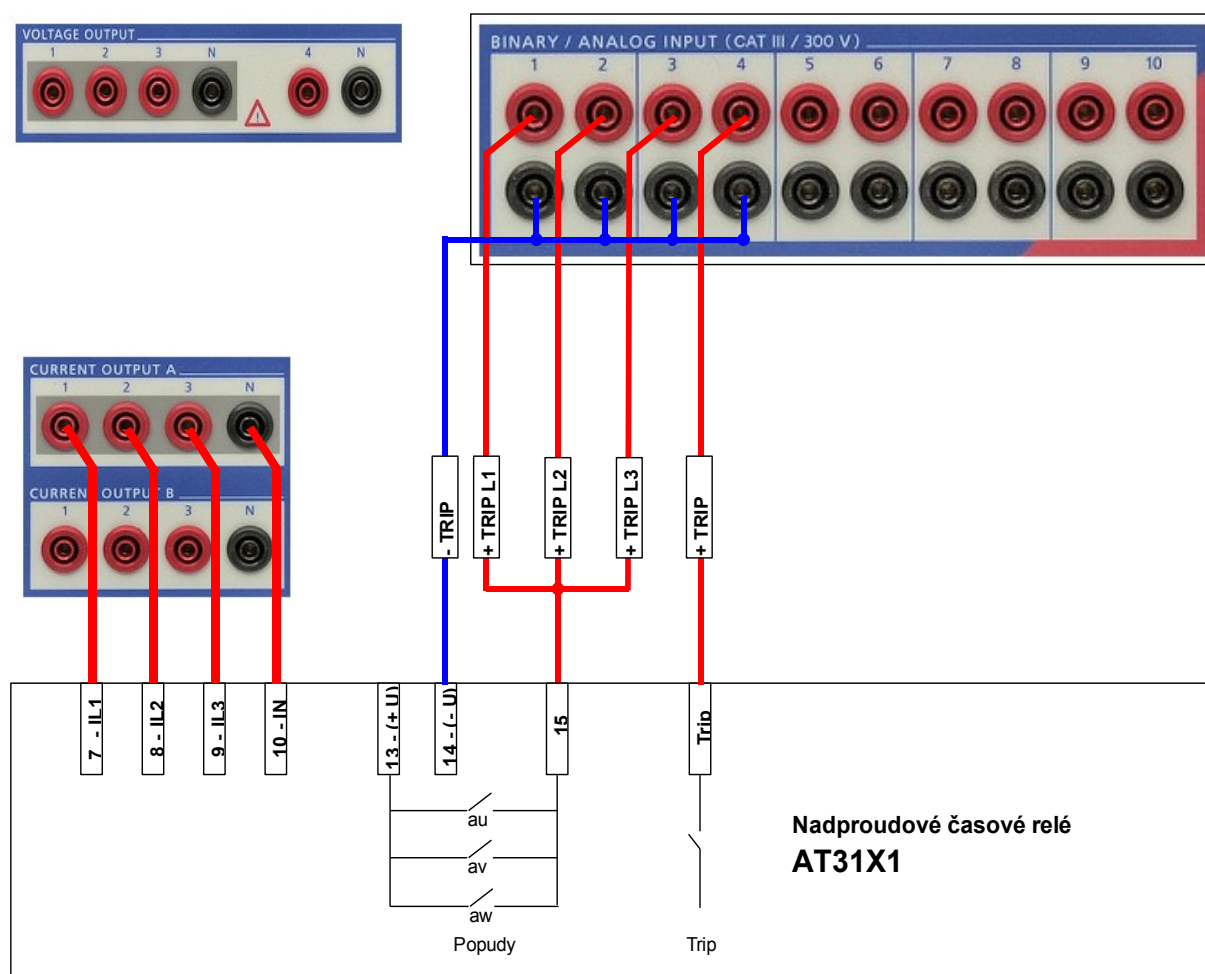
Kontrola nastavení

Kontrola nastavení podle nastavovacího protokolu.

Nastaveno na :	Is=	1,2	[A.]
120 % In	Ip=	480	[A.]
	t =	4,5	[sec.]

Testování vlastního zařízení

Pro testování provedeme připojení pomocí zkušebních zásuvek proudových obvodů regulovatelného zdroje proudu (CMC 356). Na binární vstupy testovacího zařízení přivedeme kontakt rozběhového článku a vypínací impuls od záložní nadproudové ochrany.



Obrázek 10 - Schéma zapojení pro testování charakteristik záložní nadproudové ochrany

Kontrola charakteristik ochrany (citlivost, selektivita, rychlost a přesnost působení)

Měření hodnot proudu při náběhu a odpadu jednotlivých nadproudových článků a časů působení záložní nadproudové ochrany.

Tabulka 46 - Výsledky vyhodnocení L1-N

Jméno/zprac.	Rampa	Podmínka	Sig	Jmen.	Skut.	Tol.-	Tol.+	Odch.	Vyhodnotit	Tact
L1-Přítah	Rampa 1	Trip 0→1	L1	1,200 A	1,200 A 1,020 A			0,00 mA	+	70,30 ms
L1-Odpad	Rampa 2	Trip 1→0	L1		2,400 A				o	44,10 ms
L1-Čas působení	Rampa 4	Trip 0→1	L1						o	4,510 ms

Tabulka 47 - Výsledky vyhodnocení L2-N

Jméno/zprac.	Rampa	Podmínka	Sig	Jmen.	Skut.	Tol.-	Tol.+	Odch.	Vyhodnotit	Tact
L2-Přítah	Rampa 1	Trip 0→1	L2	1,200 A	1,200 A 1,020 A			0,00 mA	+	74,90 ms
L2-Odpad	Rampa 2	Trip 1→0	L2		2,400 A				o	22,30 ms
L2-Čas působení	Rampa 4	Trip 0→1	L2						o	4,506 ms

Tabulka 48 - Výsledky vyhodnocení L3-N

Jméno/zprac.	Rampa	Podmínka	Sig	Jmen.	Skut.	Tol.-	Tol.+	Odch.	Vyhodnotit	Tact
L3-Přítah	Rampa 1	Trip 0→1	L3	1,200 A	1,200 A 1,020 A			0,00 mA	+	72,40 ms
L3-Odpad	Rampa 2	Trip 1→0	L3		2,400 A				o	7,400 ms
L3-Čas působení	Rampa 4	Trip 0→1	L3						o	4,504 ms

Výpočet přídržného poměru nadproudové ochrany

$$k_p = \frac{I_o}{I_r} = \frac{1,020}{1,200} = 0,85$$

Příprava pro funkční zkoušky

Pro funkční zkoušky musí být odzkoušena spolupráce ochran včetně výstupních impulsů od ochran

- připojení a odzkoušení signalizace a záznamu do řídicího systému (MicroSCADA), které souvisí s revidovanou ochranou
- připojení ovládacích impulsů od vypínače a poruchových automatik
- připojení ovládacích napětí vypínače a poruchové automatiky

Funkční zkoušky s připojenými vnějšími obvody

Funkční zkoušky ochran testují správnou činnost ochran včetně silového zařízení (zapnutého vypínače).

- odzkoušení sledu fází při funkci vypínače
- odzkoušení všech souvisejících obvodů a souvisejících poruchových automatik (nesouhlas pólů vypínače)

- zapnutí a odzkoušení automatiky OZ
- závěrečná kontrola místní i dálkové signalizace ochran včetně všech návazností na řídicí systém rozvodny

Po provedené diagnostice dochází k předání zařízení do provozu dispečerského řízení.

4.4 Vyhodnocení měření

Testování elektromechanických ochran vedení vvn na rozvodně Pardubice – Sever, bylo provedeno pomocí přesných (kalibrovaných) testovacích zařízení. Výsledné impedanční charakteristiky (impedanční charakteristiky pro jednotlivé zóny) distanční ochrany dosahují odchylky do pěti procent. Při kontrole impedancí jednotlivých zón byla současně provedena i kontrola jednotlivých vypínacích časů včetně zón v souboru s automatikou OZ. Z měření rozběhových článků je patrná vysoká citlivost relé s otočnou cívkou rozběhových článků, kdy články pracují s proudem kontrolované fáze a sdruženým napětím. Funkce směrového členu byla ověřena měřením citlivosti pomocí proudu a napětí na kontaktu pomocných relé ovládaných pomocí rozběhových článků. Spolu s nadproudovým článkem, kde byl testován náběh a odpad článku byla odzkoušena i závora proti kývání energetického systému, kde je přivedeno napájení přes řetěz kontaktů rozběhových článků a kontakty systémů SW a SJ měřením času na blokovacím relé P. Měření jednotlivých časových článků bylo provedeno pro koncový čas distanční ochrany a relé tr3, kde byla splněna střední chyba časových členů.

Distanční ochrana D 115 byla odzkoušena ve spolupráci s automatikou OZ (relé opětovného zapínání OZ 111 X) po zařazení volby provozu. Výsledný naměřený čas beznapěťové pauzy a délky zapínacího impulsu odpovídá zpoždění zapínacího impulsu udávanou výrobcem ochran (nastavená hodnota + cca 25ms).

Pro záložní nadproudovou ochranu byl vypočten přídržný poměr pomocí hodnot proudu při náběhu a odpadu jednotlivých nadproudových článků, kterým odpovídá požadavek (> 85). Byla provedena kontrola časového článku pro působení záložní nadproudové ochrany, pro zajištění zálohování ochran a selektivního vypínání.

Funkční zkoušky včetně silového zařízení jsou součástí diagnostiky ochran, byla ověřena správná činnost všech testovaných ochran včetně všech návazností na řídicí systém rozvodny a vypnutí a zapnutí vypínače z místa a dálkově. Součástí testování ochran byla kontrola všech elektromechanických částí, dotažení všech svorek a seřízení jednotlivých článků.

Výrobcem udávané parametry odpovídají naměřeným hodnotám a splňují tak požadavky pro správnou činnost ochran.

V rozvodnách vn a vvn se zkoušky elektromechanických ochran a automatik provádějí v pravidelných intervalech 1x za rok. V součinnosti probíhá na dalších zařízeních rozvodny kontrola a údržba ovládací skříně, revize odpojovačů, vypínačů a rozvodu tlakového vzduchu pro elektro-pneumatické pohony ovládání odpojovačů. Diagnostika vvn vypínačů se provádí na zajištěném zařízení pomocí testovacích primárních zařízení. Naměřené hodnoty se porovnávají se zkouškou před uvedením do provozu a provedeno vyhodnocení aktuálního stavu.

5. Závěr

Bakalářská práce se zabývá problematikou elektrických ochran a činností diagnostiky ochran. V úvodní části jsou charakterizovány elektrické ochrany, základní pojmy a typy ochran. Součástí teoretické části práce bylo také zaměření na poruchové stavy a jejich rozbor.

Pro správnou činnost elektrických ochran je nutné už v rámci projektu vhodné navržení ochran k chráněnému objektu a určení parametrů přístrojových transformátorů. Při návrhu ochran musí být proveden výpočet parametrů nastavení ochran a parametrizace měřících a časových článků. Systém chránění je v porovnání s náklady na chráněný objekt a náklady při jeho případném poškození několikanásobně nižší.

Praktická část bakalářské práce je zaměřena na diagnostiku elektrických ochran v reálném provozu na rozvodně R110/35 kV. Pro praktickou část byla vybrána rozvodna Pardubice – Sever společnosti ČEZ Distribuce a.s. Úvodní část obsahuje popis stávajícího stavu, technické parametry rozvodny, ovládání a signalizace poruchových stavů, popis ochran a chránění části rozvodny a provozu transformátorů T101 a T102 na rozvodně Pardubice-Sever, který je realizován volbou odpojovačů pro kompenzovaný provoz sítě vrchního vedení 35 kV přes zhášecí tlumivku nebo volbou provozu kabelové sítě 35 kV přes odpor.

Výsledkem práce je druhá část zaměřena na samotné testování elektrických ochran pro vedení velmi vysokého napětí využitím sekundárních zkoušek pomocí testovacího zařízení, kdy testovaná ochrana není připojena přes přístrojový transformátor. Předmětem zkoušek elektrických ochran bylo testování ochran při pravidelném ročním intervalu stanoveném pro elektromechanické ochrany, ověření správné činnosti algoritmu ochran, citlivosti, rychlosti, přesnosti a selektivity. Byla provedena kontrola nastavení a vypínacích charakteristik testovaných ochran. Do protokolu o testovaných ochranách byl proveden záznam veškerých naměřených hodnot a funkčních zkoušek. Pomocí funkčních zkoušek včetně silového zařízení byla realizována kontrola logických, blokových obvodů ochran, místní i dálkové signalizace do řídicího a dispečerského systému včetně místního a dálkového ovládání.

Výsledné impedanční charakteristiky distanční ochrany v souboru s automatikou OZ a vypínací charakteristiky záložní nadproudové ochrany splňují požadavky pro správnou činnost ochran udávanou výrobcem.

V transformovně 110/35 kV Pardubice - Sever se v budoucnu připravuje komplexní obnova technologie, jak silových rozvodů 110 kV a 35 kV, tak i sekundární techniky zahrnující systém chránění, řízení a ovládání. Nový návrh transformovny musí respektovat stále se zvyšující požadavky na spolehlivost a kvalitu dodávky elektrické energie. Zároveň nová sekundární technologie poskytne více informací a možností pro efektivnější řízení distribuční soustavy. V rozvodně R110 kV centrální rozdílovou ochranu přípojníc a ochranu při selhání vypínače, kde vývodové jednotky jsou propojeny s centrální jednotkou procesní sběrnici z optického vlákna. V rozvodně R35 kV řešení pomocí komplexního zařízení pro chránění, ovládání a měření pro jednotlivé vývody.

Systém číslicových ochran je realizován převodem vstupních veličin na číslicový signál a dále zpracován programovatelnými mikroprocesory, které nabízí rychlé zpracování informací a zajišťuje působení v desítkách milisekund. Hlavní vlastností systému číslicových ochran je zajištění požadavků na moderní zařízení určené k chránění. Moderní číslicové ochrany v současnosti nabízí veškeré komunikační moduly pro řídicí systém a jsou flexibilně konfigurovatelné.

6. Literatura

- [1] Janíček, F., Chladný, V. a kol.: Digitálne ochrany v elektrizačnej sústave. STU Bratislava, 2004.
- [2] Hradílek, Z.: Elektroenergetika distribučních a průmyslových sítí. Montanex a.s., Ostrava, 2008.
- [3] Dohnálek, P.: Ochrany pro průmysl a energetiku. SNTL, Praha 1991.
- [4] D 115 Distanční ochrana, Dohnálek, KL 18634, 19. 1. 2010
- [5] OZ 111 X Relé pro opětné zapínání, Dohnálek
- [6] AT_X1 Nadproudové časové ochrany, Dohnálek

7. Seznam příloh

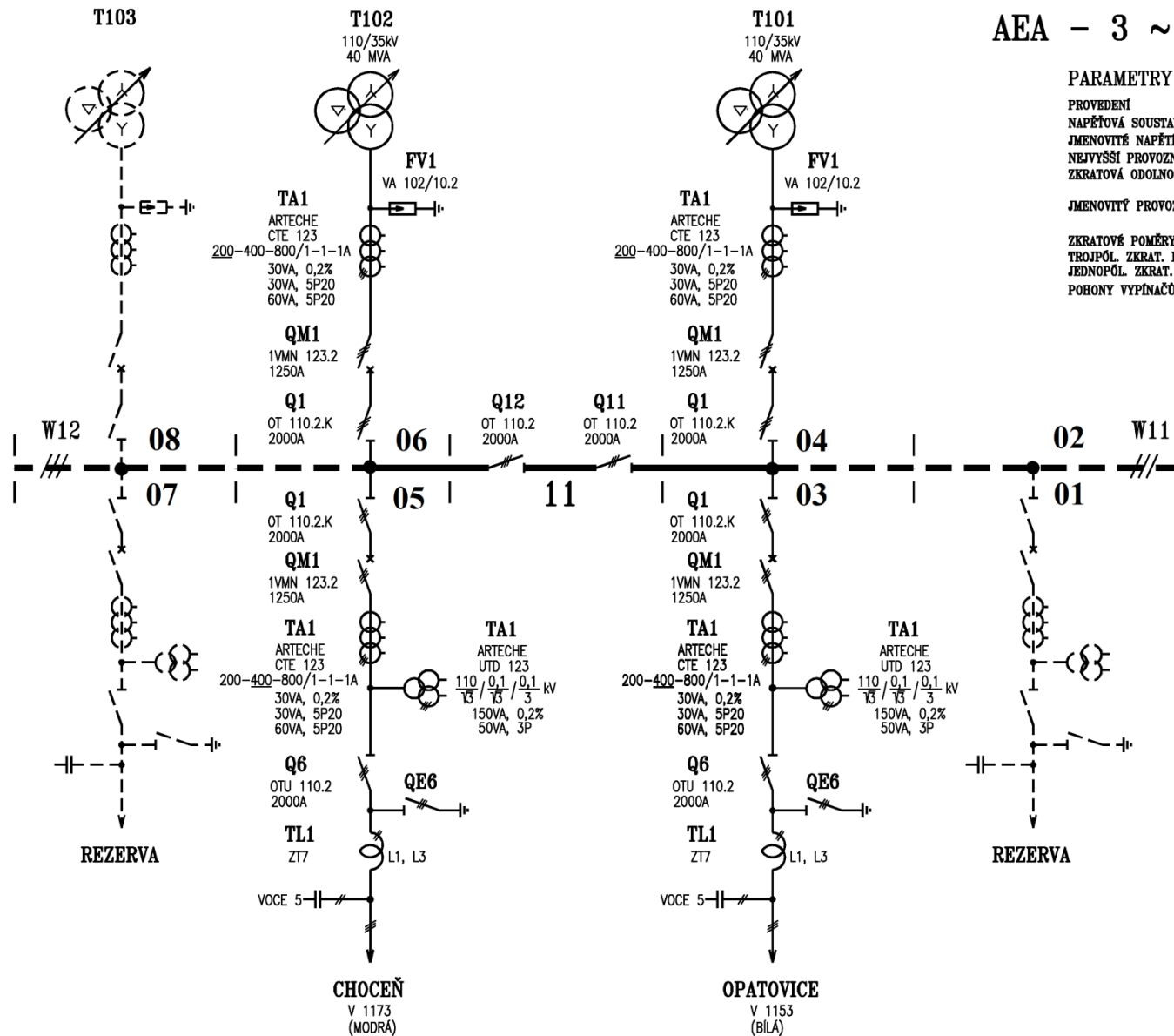
Příloha I – Jednopolové schéma R110kV.....	46
Příloha II – Jednopolové schéma R35kV.....	47
Příloha III – Jednopolové schéma tlumivek a odporníků.....	48

Příloha I – Jednopolové schéma R110kV

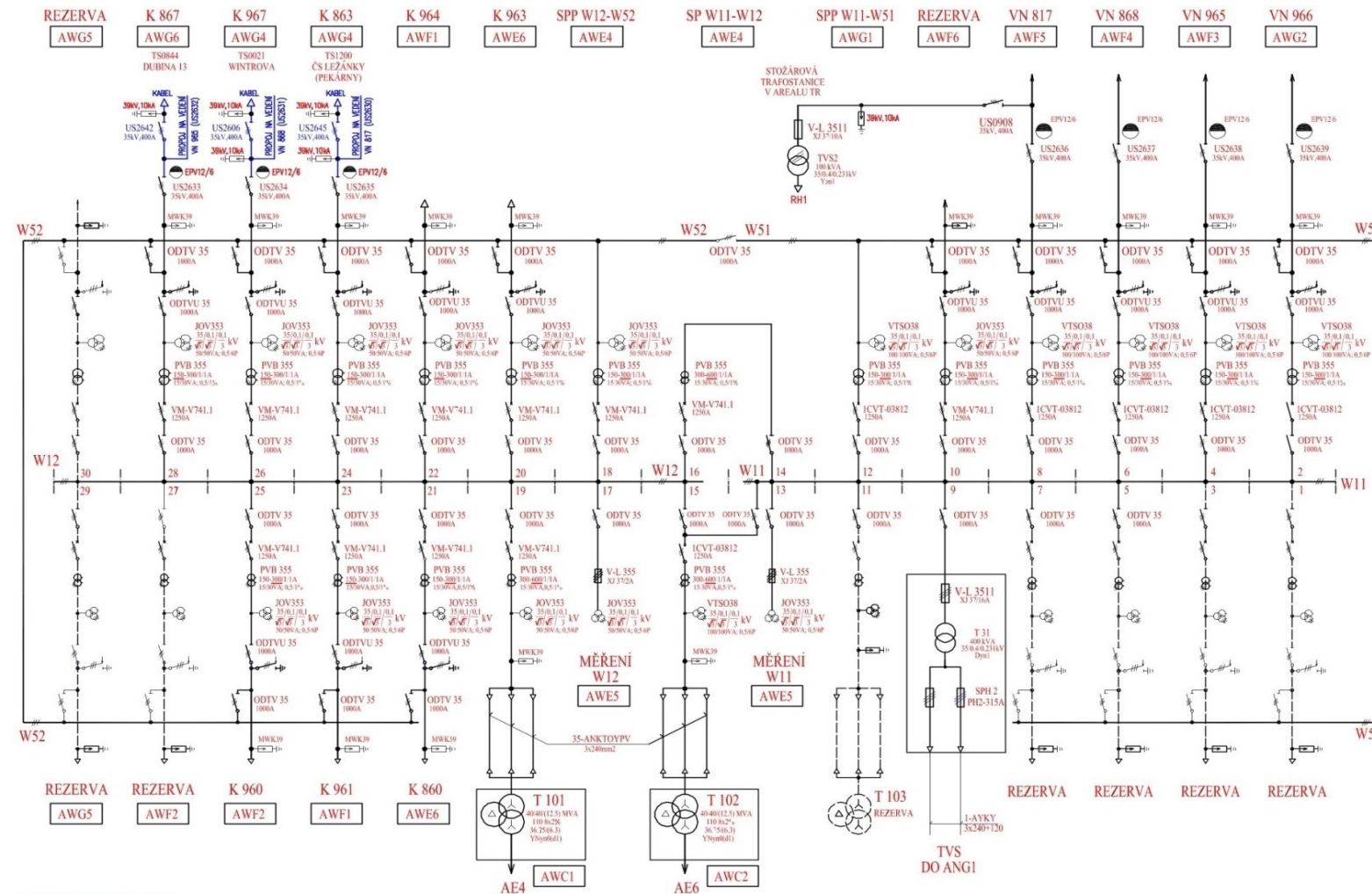
AEA – 3 ~ 50Hz, 110kV, 2000A

PARAMETRY ROZVODNY AE 110 kV:

PROVEDENÍ	VENKOVNÍ
NAPĚŤOVÁ SOUSTAVA	3 ~ 50Hz 110 kV - TT
JMENOVITÉ NAPĚTÍ	110 kV
NEJVYŠŠÍ PROVOZNÍ NAPĚTÍ	123 kV
ZKRATOVÁ ODOLNOST - TEPELNÁ	25 ka/2 s
- DYNAMICKÁ	63 ka
JMENOVITÝ PROVOZNÍ PROUD - PŘIPOJNIC	1800 A
- ODBOČEK	800 A
ZKRATOVÉ POMĚRY SKUTEČNÉ DLE VČE:	
TROJPÓL. ZKRAT. PROUD k r. 1990	3,6 ka
JEDNOPÓL. ZKRAT. PROUD k r. 1990	4,2 ka
POHONY VYPÍNAČŮ A ODPOJOVAČŮ	TLAKOVZDUŠNÉ



Příloha II – Jednopolové schéma R35kV



ZKRATOVÉ PARAMETRY PŘÍSTROJŮ

PŘÍSTROJ	$I_k/2\text{sec}$ kA	I_{dyn} kA	POVR. DR. cm/kV	POHON
VM-V741.1	12.3	25	2.31	MOTOR.220V, 50Hz
ICVT-03812	25	63	3.11	MOTOR.230V, 50Hz
ODTV(L) 35-1000A	15.8	35	1.85	VZDUCH 0.5 MPa
PVB 355 75-150-600A	6.7-13.5-36	36-45-120		
IZOLÁTOR CPB 7.5/100kV			1.9	

ELEKTRICKÉ PARAMETRY:

JMENOVITÉ NAPĚTÍ
NEJVYŠŠÍ PROVOZNÍ NAPĚTÍ
ZKRATOVÁ ODOBNOST TEPELNÁ DYNAMICKÁ
JMENOVITÝ PROUD - PŘÍPOJNICE ODBOČKY
SKUT. ZKRATOVÉ POMĚRY SÍTĚ

35 kV, 50Hz
38.5kV
12.5kA/2sec
25kA
1250A
300-400A
6.7kA/1sec

ÚDAJE O PROSTŘEDÍ

DRUH PROSTŘEDÍ
NADMOŘSKÁ VÝŠKA
NÁMRAZOVÁ OBLAST
OBLAST ZNEČISTĚNÍ
POVRCHOVÁ DRAHA
POZNAMKA:
PŘÍSTROJE S NIŽŠÍ POVRCHOVOU DRAHOU
VYZADUJI INTERVAL ČISTĚNÍ 1 ROK

VENKOVNÍ
219 M NAD MOŘEM
LEHKÁ
III. STUPEŇ
2.5cm/kV

Příloha III – Jednopolové schéma tlumivek a odporníků

